



Proyecto de graduación para optar por el título de licenciatura ing. en diseño industrial énfasis en Desarrollo de Productos

Plan estratégico de producto que facilite la implementación de prótesis de miembro inferior a través del diseño de componentes hechos a la medida mediante tecnologías 3D

Escuela de Diseño Industrial

Antony Barboza González _ 201040687

Farith Tabash Pérez_ 200950955

II semestre 2016

Índice

Lista contenidos

Introducción 2

Definición del problema 4

Árbol de problemas 4

Alcances y limitaciones 5

Conclusiones 6

Objetivos 7

General 7

Específicos 8

Preguntas de investigación 9

Antecedentes 10

Situación actual Costa Rica 10

Benchmarking 23

Diagnóstico de la situación 32

Análisis de involucrados 32

Mapa de empatía 38

Mapa de sistema 44

Análisis PEST 46

Capacidad instalada 50

Marco metodológico 53

Introducción 53

Primer semestre 2016 54

Segundo semestre 2016 55

Marco teórico 57

Aspectos teóricos 57

Concepto 66

Introducción 66

WWWWW's 67

Oferta de valor 68

Índice

Lista contenidos

Disponibilidad técnica 69

Oferta de servicios de Ergotec 69

Tipo de tecnología seleccionada 70

Líneas de productos 71

Infográfico de servicios y productos 72

Escenarios de necesidades 73

Introducción 73

Usuario de prótesis dentro del área metropolitana 74

Usuario de prótesis dentro en zonas rurales 75

Usuario de prótesis con alta actividad física 76

Usuario de prótesis con sensibilidad en el muñón 77

Técnico en prótesis 78

Conclusión 79

Briefings de los Productos 80

Introducción 80

Prótesis transtibiales de pie articulado 81

Visualización 82

Requerimientos 83

Prótesis transtibiales de pie fijo 87

Visualización 88

Requerimientos 89

Estación de trabajo 93

Visualización 94

Requerimientos 96

Estación portátil de trabajo 99

Visualización 100

Requerimientos 102

Estación de trabajo de moldes 105

Visualización 106

Requerimientos 107

Escáner de mapeo por presión 110

Visualización 111

Requerimientos 112

Índice

Lista contenidos

Socket ajustable	115
Visualización	116
Requerimientos	117

Tobillo biónico	119
Visualización	120
Requerimientos	121

Prótesis transtibiales para prácticas deportivas	123
Visualización	124
Requerimientos	125

Cámara de luz ultravioleta	128
Visualización	129
Requerimientos	130

Plan de acción 132

Introducción	132
Briefing	133

Impacto en escenarios 138

Introducción	138
Usuario de prótesis dentro del área metropolitana	139
Usuario de prótesis dentro en zonas rurales	140
Usuario de prótesis con alta actividad física	141
Usuario de prótesis con sensibilidad en el muñón	142
Técnico en prótesis	143

Impacto de productos 144

Introducción	144
Prótesis	145
Estaciones de trabajo	146
Estación portátil de trabajo	147
Productos de investigación	148

Mapa del nuevo proceso 149

Introducción	149
Flujograma	150
Proceso de fabricación implementación de productos	151

Índice

Lista contenidos

Mapa de ruta tecnológico 155

Introducción 155

Mapa de ruta para la implementación (completo) 156

Mapa de ruta para la implementación de prótesis 157

Mapa de ruta para la implementación de estaciones de trabajo 158

Mapa de ruta para la implementación de proyectos de investigación 159

Mapa de ruta para la implementación de la cámara de luz ultravioleta 160

Mapa del sistema organizacional 161

Introducción 161

Mapa del Sistema para la implementación 162

Cronograma 163

Cronograma de investigación 163

Cronograma de desarrollo 164

Conclusiones y Recomendaciones 165

Conclusiones 165

Recomendaciones 166

Referencias 167

Bibliografía 169

Apéndices 172

Reuniones Ergotec 172

Visita al Taller de Órtesis y Prótesis 173

Reuniones con tecnólogos en prótesis 174

Reuniones con usuarios de prótesis 175

Índice

Lista de figuras

Figura 1. Árbol de problemas	4
Figura 2. Árbol de objetivos	7
Figura 3. Aumento anual de órdenes para el mes de enero.	11
Figura 4. Órdenes para el mes de enero 2015	11
Figura 5. Promedio de prótesis elaboradas en el Taller Nacional de Ortesis y Prótesis	12
Figura 6. Causas de amputaciones en Costa Rica en el 2015	13
Figura 7. Cantidad de máquinas de impresión 3D vendidas desde 1986 hasta el 2010.	19
Figura 8. Flujograma proceso de manufactura prótesis	20
Figura 9. Mapa del proceso de manufactura prótesis	21
Figura 10. Mapa de sistema	44
Figura 11. Fases del ciclo de marcha	59
Figura 12. Etapas de las fases de marcha	59
Figura 13. Componentes prótesis miembro inferior	61
Figura 14. Componentes prótesis miembro inferior	62
Figura 15. Gráfico impacto de prótesis.	145
Figura 16. Gráfico impacto de estaciones de trabajo	146
Figura 17. Gráfico impacto de estación portátil de trabajo	147
Figura 18. Gráfico impacto de productos de investigación	148
Figura 19. Flujograma del nuevo proceso	150
Figura 20. Mapa de ruta tecnológico	156
Figura 21. Mapa del sistema para la implementación	162

Índice

Lista de cuadros

Cuadro 1. Lista de componentes prótesis K3	16
Cuadro 2. Tabla de principales involucrados	33
Cuadro 3. Tabla de involucrados en el TEC	34
Cuadro 4. Tabla de profesionales involucrados	35
Cuadro 5. Tabla de hospitales y organizaciones involucradas	36
Cuadro 6. Análisis PEST	46
Cuadro 7. Capacidad instalada mano de obra	50
Cuadro 8. Capacidad instalada empresa y proceso	51

El siguiente proyecto de investigación se centra en proponer un plan estratégico para el diseño de prótesis en Costa Rica, facilitando la implementación de estas a los usuarios; esto se debe a la gran demanda de este tipo de productos a nivel nacional, como por ejemplo según datos del Taller Nacional de Órtesis y Prótesis, de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), al año se llega a atender poco más de 1000 pacientes y alrededor de 20 personas semanales, así como ordenes de producción de hasta 143 dispositivos solo para el mes de enero del 2015 (Taller Nacional Ortesis y Prótesis, 2015).

Actualmente dentro del campo nacional el precio de la fabricación para este tipo de dispositivos de asistencia es de cerca de 600 000 colones para personas aseguradas con tiempos de espera de hasta 2 años, mientras que el costo en clínicas y talleres privados por el mismo servicio es de alrededor de 975 000 de colones o superiores, con tiempos de producción de hasta dos horas (Granados, 2016); lo cual dificulta la necesidad de obtener prótesis económicamente accesibles y con menores tiempos implementación para la accesibilidad el sector de la población costarricense de recursos limitados. Por lo que las oportunidades de las tecnologías en 3D podrían llegar a dar una mejor respuesta a las necesidades y problemas del usuario (diseño centrado en el usuario).

Como se ha mencionado anteriormente, la investigación posee una relación con la disciplina del diseño industrial de productos, desde fases de planeación y concepción del dispositivo médico, hasta la validación y utilización de tecnologías 3D que faciliten la implementación y la accesibilidad de este tipo de productos. Es por ello que dentro del Tecnológico de Costa Rica en el laboratorio de investigación de ERGOTEC se encuentra en desarrollo el proyecto “Aplicaciones tecnológicas en el diseño y elaboración de prótesis transtibial”, en el cual se elaboran actualmente investigaciones en el área del diseño y la producción. Trabajando conjuntamente para la solución integral a los problemas existentes en el país.

Estos proyectos son:

- Diseño de prótesis para extremidades inferiores de amputación abajo de rodilla. (Elaborado por los ingenieros Miguel Araya Calvo y Eckart Holst Sanjuán).
- Plan estratégico de diseño enfocado en mejorar la atención médica de pacientes que presentan algún tipo de amputación en extremidades inferiores. (Elaborado por el ingeniero Miguel Araya Calvo).
- Diseño de un modelo de producción de prótesis utilizando tecnología de impresión en 3D. (En elaboración por el ingeniero Carlos morales Alvarado, investigador en ERGOTEC).
- Diseño de dispositivo adaptable a prótesis transtibial de bajo costo para jóvenes entre los 13 y 21 años de edad amputados debido al padecimiento de cáncer de hueso de tipo osteosarcoma. (Elaborado por las estudiantes Jenny Gamboa Guevarra y Valeria Zúñiga Vargas).

Este proyecto pretende continuar con el trabajo realizado en Ergotec, planteando una estructura organizacional, y posibles implementaciones tangibles en el área de productos, integrando áreas multidisciplinarias, para la mejora en el Taller Nacional de Prótesis.

Actualmente el proyecto está realizando análisis de resinas de SLA (standard) y tough de formlabas, además pretende realizar:

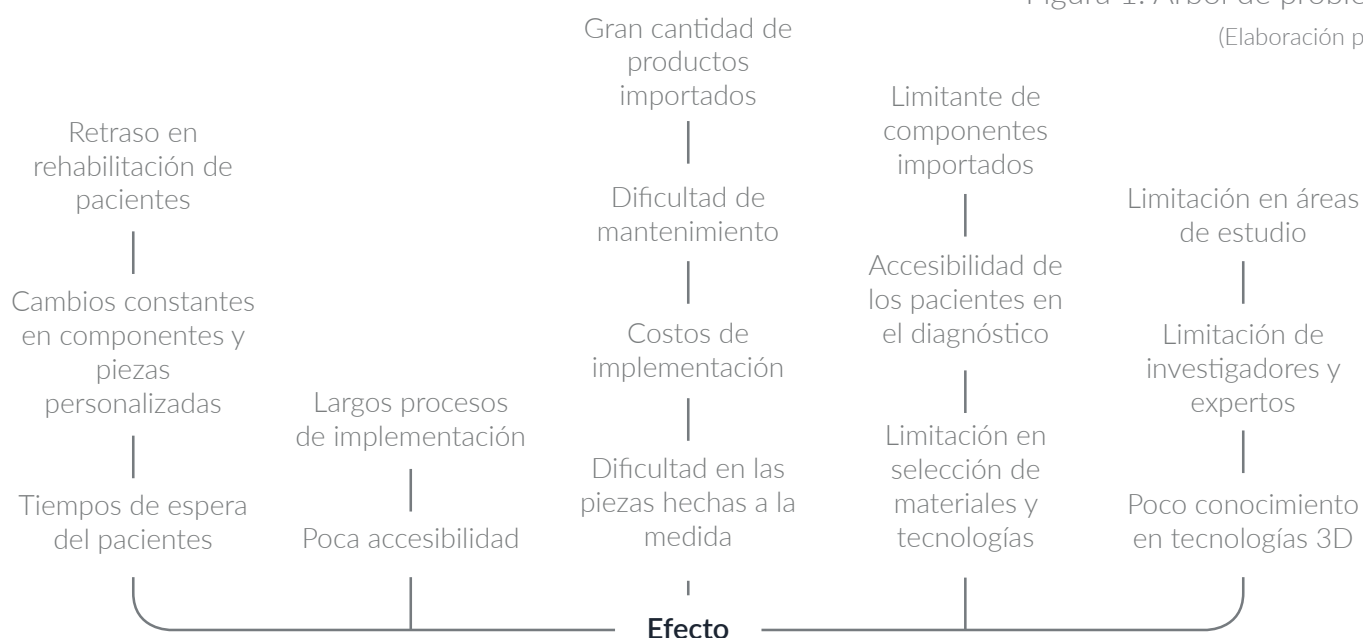
- Análisis de tecnologías CBAM (basada en composición y reforzamiento de fibras de polímeros).
- Análisis y pruebas de tecnologías FDM con nylon reforzado con micro-esferas de materiales cerámicos fibras.
- Análisis y pruebas de tecnologías CFF (reforzamiento de fibras a polímeros, específicamente nylon reforzado con fibras de carbono)

Definición del problema

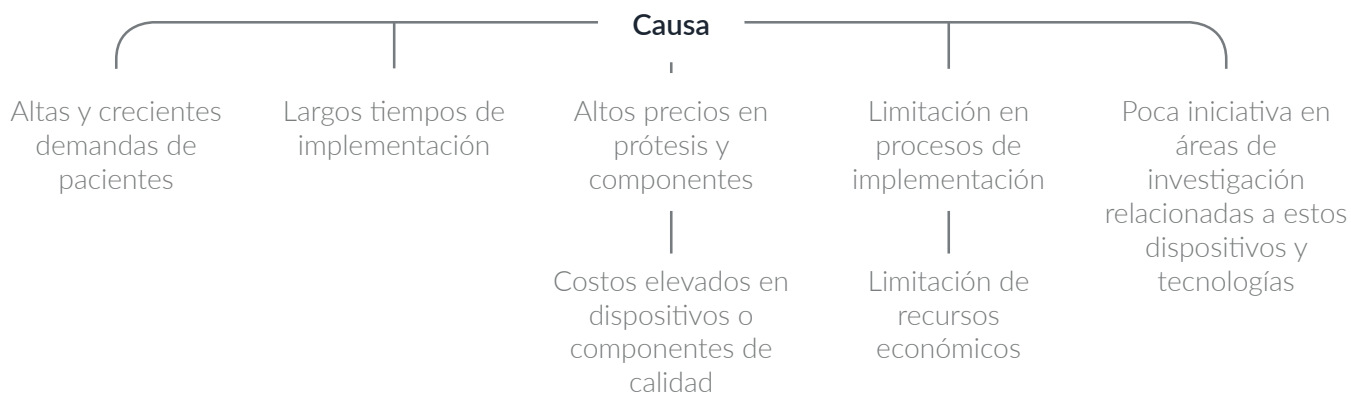
Árbol de problemas

Analizando los síntomas del problema detectado en la situación existente o relacionada al proyecto de investigación (factores negativos) se establece la problemática principal de este, conjunto a sus distintas causas y efectos, para detectar las oportunidades que requieran una posible solución de diseño.

Figura 1. Árbol de problemas
(Elaboración propia)



*¿Cómo mejorar la **accesibilidad** de prótesis de miembro inferior, disminuyendo costos y tiempos de **implementación**, por medio de tecnologías 3D?*



Definición del problema

Alcances y limitaciones

Alcances

- El principal alcance que posee el proyecto, es la conceptualización y planteamiento de un plan estratégico de diseño que involucren productos y/o servicios que faciliten la implementación y accesibilidad de prótesis de miembro inferior, debido a la creciente demanda nacional que poseen estos dispositivos. Por medio de una estructura organizacional que integre una manufactura aditiva en procesos mixtos (componentes a la medida – componentes personalizados).
- Generar una línea de productos para la mejora de la accesibilidad y la implementación de prótesis de miembro inferior que se integre en a las necesidades de los usuarios, dentro de un contexto nacional.

Limitaciones

- Tiempo disponible para el desarrollo del proyecto
- Recursos económicos para el desarrollo del proyecto
- El uso de manufactura aditiva (tecnologías 3D) está definida como proceso principal para la elaboración de las prótesis de miembro inferior, así como la máquina a utilizar (Mark Two), para el prototipado y fases de diseño.
- Componentes importados estandar están establecidos por el proyecto de investigación

Definición del problema

Conclusiones

Conclusiones

A través del análisis sobre el árbol de problemas es evidente rescatar los siguientes puntos:

- Altas y crecientes demandas en prótesis
- Largos tiempos de implementación (comprendida desde la elaboración del socket de prueba hasta el final).
- Dificultad en la accesibilidad de prótesis.

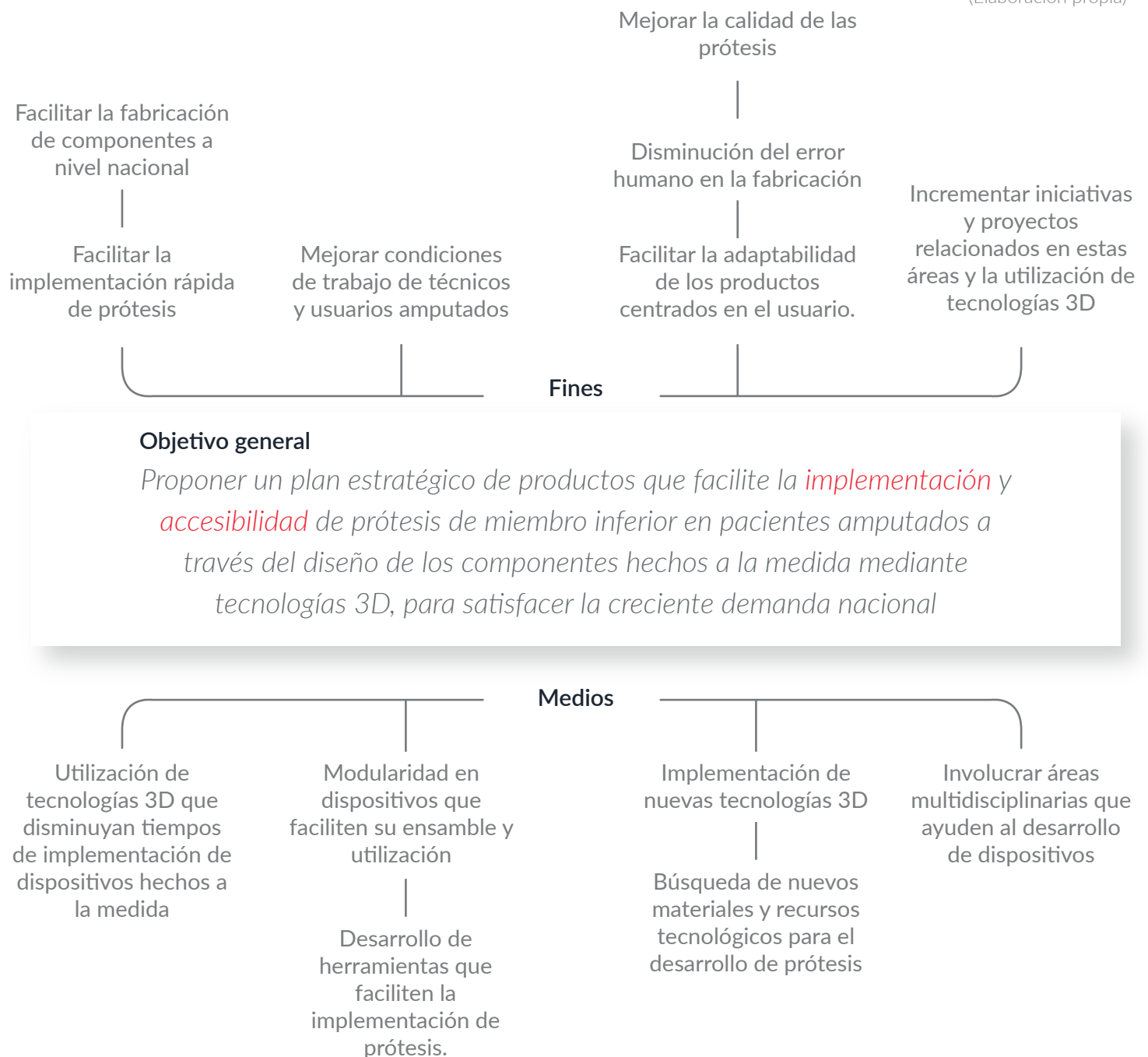
Objetivos

General

Una vez establecidas las causas y efectos del problema principal en el que se centra el proyecto, se establece el objetivo general, tomando en conjunto a todos los síntomas para así identificar los medios y fines que posee éste y los objetivos específicos que se planean seguir durante el transcurso del proyecto.

Figura 2. Árbol de objetivos

(Elaboración propia)



Objetivos

Específicos

- Definir especificaciones técnicas que ayuden a la implementación de procesos de manufactura aditiva para la elaboración de prótesis de miembro inferior dentro del contexto nacional.
- Establecer un plan estratégico de diseño de productos que integre y organice las diferentes variables para la implementación rápida de prótesis dentro de un contexto nacional
- Determinar los productos o servicios que sean necesarios para la mejora en la accesibilidad e implementación de prótesis funcionales a los distintos involucrados mediante el diseño centrado en el usuario.

Preguntas de investigación

Guía de investigación

- ¿Qué se sabe de las prótesis?
- ¿Qué estudios se han hecho en relación a las prótesis dentro y fuera del país?
- ¿Qué se entiende por manufactura aditiva?
- ¿Cuál es la situación actual de Costa Rica en aspectos relacionados a prótesis?
- ¿Quiénes son los involucrados directos o indirectos?
- ¿Cuáles factores políticos existen en esta área de dispositivos?
- ¿Cuál es el proceso de implementación actual tanto en el sector público como privado?
- ¿Cómo está la situación en cuanto a la demanda de prótesis?
- ¿Cómo se puede desenvolver el área de diseño industrial para la solución al problema o la oportunidad?
- ¿Qué necesidades y requerimientos poseen los involucrados del proyecto?
- ¿Cuáles son las posibilidades de las tecnologías 3D?
- ¿Cuáles son las distintas tecnologías que existen para la manufactura aditiva?

Antecedentes

Situación actual Costa Rica

Los antecedentes generalmente se les conoce con nombres como marco teórico, marco de referencia o estado del arte, es un espacio en el que se recaba, a través de la investigación exploratoria, acerca del tema del proyecto.

Dentro de este apartado se analizara toda aquella información recabada con anterioridad sobre el tema de prótesis y su posible elaboración mediante procesos de manufactura aditiva, muchas veces llamada tecnologías 3D, que aclaren aspectos como:

- ¿qué se sabe de las prótesis?
- ¿qué estudios se han hecho en relación a las prótesis dentro y fuera del país?
- y por último determinar la perspectiva por la que se pretende abordar la presente investigación.

Situación actual Costa Rica

En Costa Rica el área médica dedicada a la fabricación de prótesis está agrupada dentro de dos sectores que son: el sector público (Taller Nacional de Prótesis y Órtesis de Costa Rica) y el sector privado (talleres y/o hospitales privados), los cuales enfocan su estrategia tanto a elaborar productos de calidad y enfocados en el usuario, así como a la producción en masa para la atención a la demanda.

Estos sectores se ven diferenciados en distintos aspectos, como en el precio del dispositivo, (este puede influir en su calidad), el tiempo de en que se realiza el intercambio del socket (cada año taller público; cada seis meses talleres privados), los tipos de tecnologías utilizadas, y el tipo de adaptación que posea este dispositivo con el usuario (diseño centrado en el usuario).

Principalmente en el sector público (Taller Nacional de Prótesis y Órtesis de Costa Rica) se poseen limitantes en distintos recursos, ya que es el único taller que posee la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) a nivel nacional, y solo cuenta con un aproximado de 14 empleados (5 empleados administrativos, 9 en producción), y un nivel de producción, confección y ajustes de 100 prótesis por mes (Ramírez, 2015).

Además debido a factores como la creciente demanda de producción en estos dispositivos (en los últimos 4 años, hubo un crecimiento del 60%, de las cuales el 40% solicitado fueron de miembro inferior de rodilla), y a la inversión que se le brinda a este tipo de servicio, más de 250 millones de colones anuales en materiales (Cascante, 2015), la fabricación no es la mejor. El Taller Nacional de Costa Rica, pretende trasladar su sede durante el segundo semestre de este 2015, para poseer una mejor capacitación, recursos humanos, y tecnologías y equipos; proceso que se ha visto retrasado actualmente.

Figura 3. Aumento anual de órdenes para el mes de enero.

(Taller Nacional de Ortesis y Prótesis, 2016)

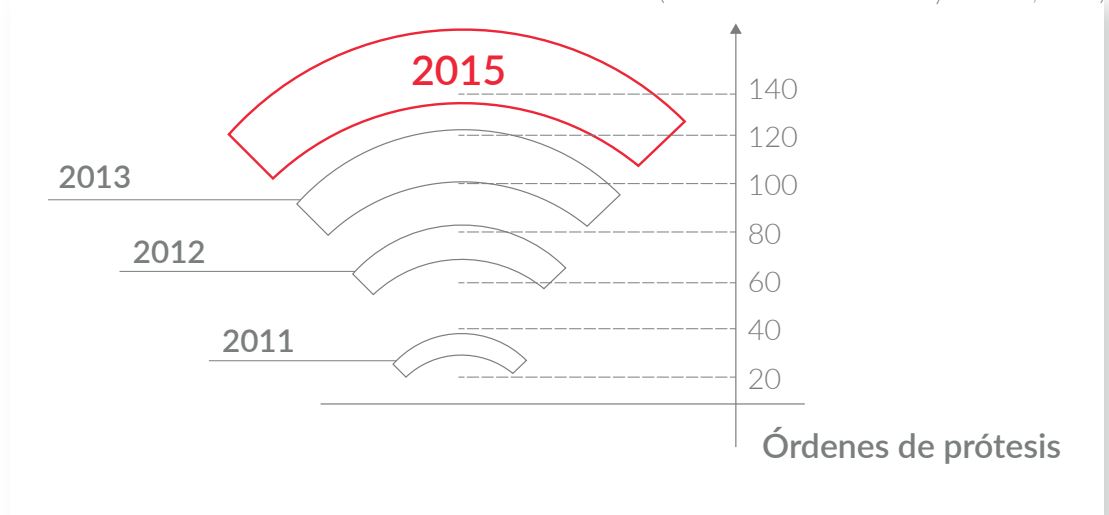
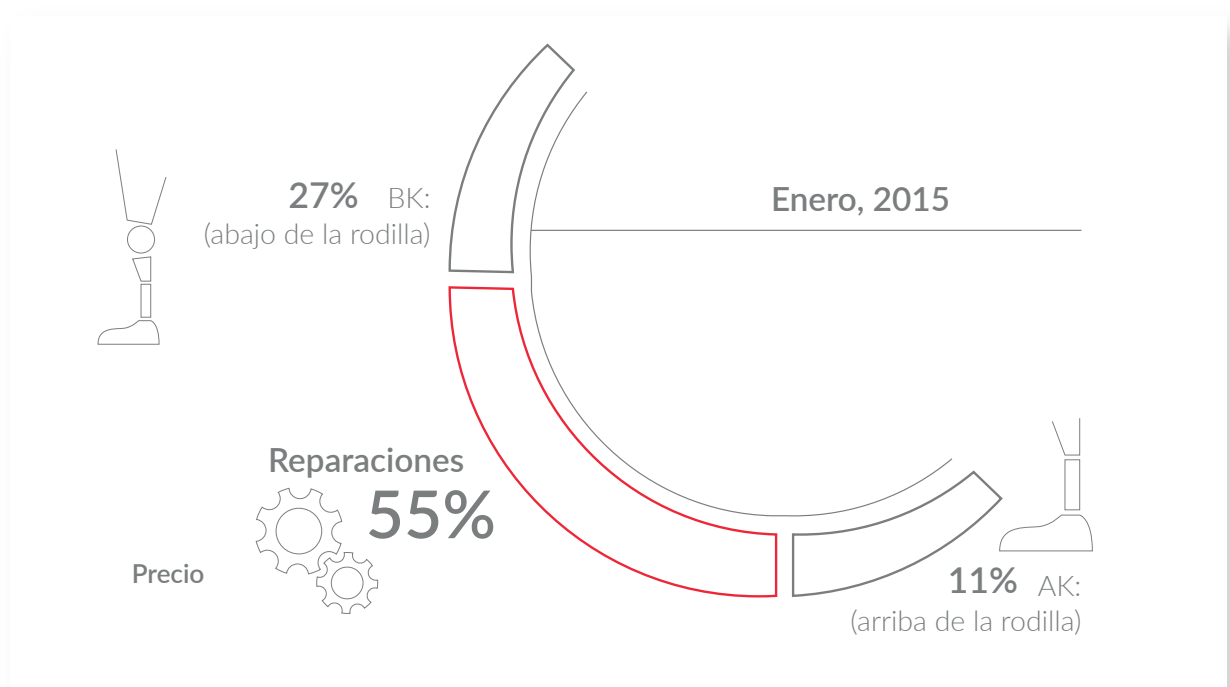


Figura 4. Órdenes para el mes de enero 2015

(Taller Nacional de Ortesis y Prótesis, 2016)



Cantidad de confecciones y/o ajustes de prótesis en el 2015

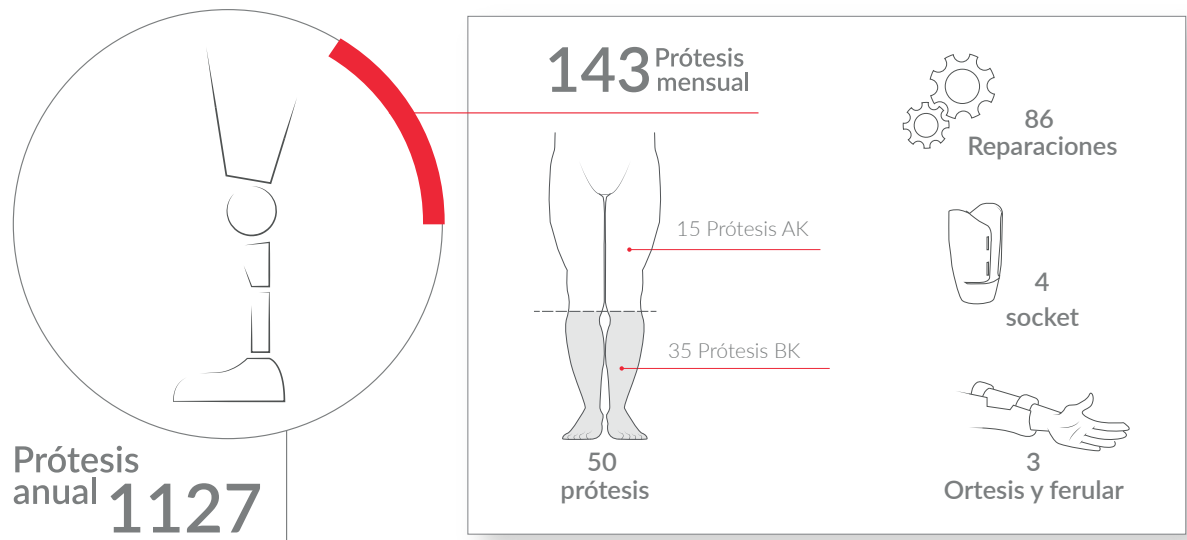


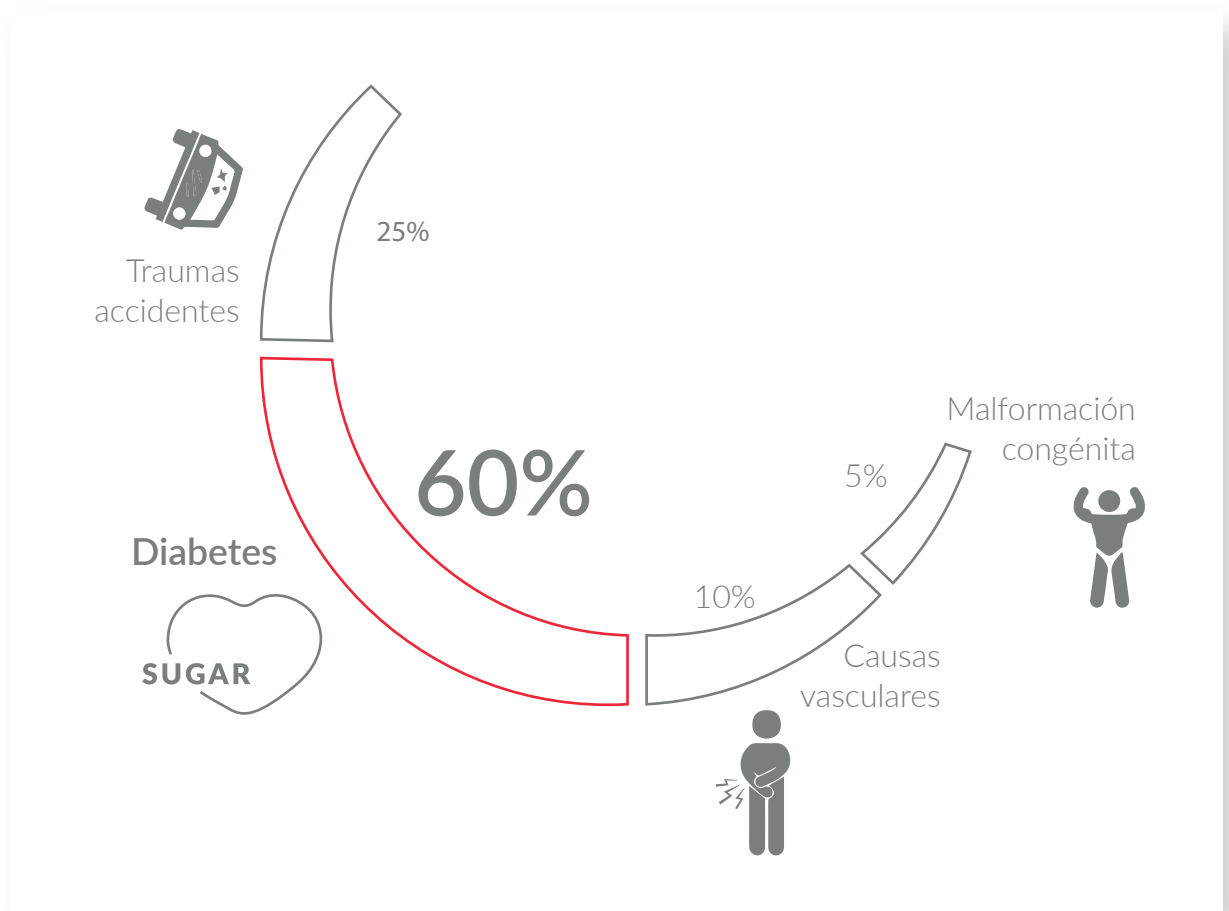
Figura 5. Promedio de prótesis elaboradas en el Taller Nacional de Ortesis y Prótesis
(Taller Nacional de Ortesis y Prótesis, 2015)

Un valor a considerar por parte de los usuarios de estos dispositivos, es el precio dispuesto a pagar, ya que en el sector público el costo es más barato, sin embargo si se desea una prótesis de calidad en este sector, puede llegar a costar cerca de ¢1.2 millones (Ramírez, 2015), además la estandarización tanto en componentes y partes de la prótesis ha eliminado la adaptabilidad y personalización del dispositivo a cada usuario.

Los usuarios que requieren de esta clase de dispositivo van desde niños, hasta adultos mayores, y pueden presentarse por diferentes causas ya sean malformaciones genéticas, enfermedades relacionadas a la circulación o por algún tipo de trauma o lesión en algún accidente. En su mayoría estas causas se pueden clasificar y agrupar por sus principales motivos, para así mostrar el porcentaje de incidencia en cada una, como lo muestra la siguiente figura:

Figura 6. Causas de amputaciones en Costa Rica en el 2015

(Araya, 2015)



Clasificación de prótesis según su nivel funcional

Para mejorar la atención y el diseño de prótesis a pacientes amputados, se ha ideado un sistema de clasificación en niveles, por el cual es posible identificar el tipo de prótesis más adecuada, así como sus componentes de acuerdo a las necesidades funcionales de la persona. Esta categorización posee 5 tipos de grados según la movilidad y el estado del paciente:

K 0

Uso cosmético

K 1

Transferencia

K 2

Marcha intradomiciliar

K 3

Marcha extradomiciliar

K 4

Paciente de alto nivel funcional

Uso Estético (K0):

Pacientes que no poseen la habilidad o el potencial para caminar de manera segura con o sin asistencia; este tipo de paciente no requiere de prótesis para mejorar su calidad de vida por lo que su utilización es meramente estética.

Pacientes que caminan en espacios cerrados (K1):

Este tipo de pacientes poseen cierto tipo de habilidad para caminar por superficies niveladas o planas. La cantidad de tiempo y distancia son muy limitadas. La prótesis mejoraría su estado ambulatorio.

El paciente puede llegar a necesitar una superficie al caminar al igual que los aparatos de asistencia (caminador, muletas, bastón, etc.)

Según la casa fabricante de prótesis *Otto Bock* (empresa diseñadora y fabricante de componentes para prótesis), para este tipo de pacientes los pies recomendados son:

- *Otto Bock 1H38*: Pie Articulado
- *Otto Bock 1S90*: Pie SACH
- *Otto Bock 1D10*: Pie Dinámico

Pacientes que caminan en espacios abiertos con restricción (K2):

Son los pacientes con capacidad de caminar en superficies irregulares o desniveladas, así como el subir y bajar escaleras, entre otras. Requiere el uso de un aparato de asistencia (caminador, muletas, bastón, etc.). La cantidad de tiempo y distancia a recorrer también son limitadas. Los tipos de pies recomendados para este paciente son:

- *Otto Bock 1D35*: Movimiento Dinámico.
- *Otto Bock 1C31*: Trias
- *Ossur Sureflex*
- *Ossur Assure*

Pacientes que caminan en espacios abiertos sin restricciones (K3):

Son personas con la capacidad y el potencial de moverse a distintas velocidades con la prótesis, además puede moverse libremente por espacios abiertos con obstáculos de forma ilimitada y sin la ayuda de ningún aparato de asistencia. La prótesis requerida estaría dispuesta a demandas mecánicas especiales. Los pies requeridos por el usuario pueden ser los siguientes:

- *Otto Bock 1C31: Trias*
- *Otto Bock 1C40: C-walk*. Recomendado para la *C-Leg*.
- *Otto Bock 1E56: Axtion*
- *Otto Bock 1E44: Journey*
- *Ossur Axtia*
- *Ossur Talux*
- *Ossur Veriflex*

Pacientes que caminan en espacios abiertos sin restricciones con demandas rigurosos espaciales (K4):

Los usuarios con esta limitación funcional son capaces de moverse con una prótesis de forma similar a la del usuario sin limitaciones en espacios exteriores con obstáculos o desniveles en diferentes tipos de velocidad. Además podrá realizar actividades físicas en donde la prótesis estará expuesta a actividades mecánicas demandantes como altos grados de absorción, tensión y torsión.

Los pacientes tienen una actividad física de alto nivel. Esta categoría incluye a la mayoría de los niños, adultos activos y atletas.

Componentes Prótesis femenina K3

A través del desglose de los componentes de una prótesis modular BK marcha extradomiliar (K3) femenina es posible determinar el precio promedio para el producto. Dentro de la figura a continuación se puede observar como el costo puede llegar a rondar los 609 418 colones.

Tipos de prótesis según su funcionalidad:

Cuadro 1. Lista de componentes prótesis K3

(Taller Nacional de Ortesis y Prótesis, 2016)

Componentes	Precio unitario (colones)
Pie artificial L23	66 167,00
Medias gel liner #23	138 065,00
Tubo para prótesis 30 mm x 200 mm con adaptador	15 109,00
Adaptador con rosca de 30 mm 4R21	30 218,00
Adaptador de encaje, pirámide macho (T206)	24 174,00
Adaptador de lock y pin (L – 214000) para MSS	82 057,00
Tela malla fibra de carbono para MSS (M – 100401)	193 291,00
Resina en cartucho para MSS (M – 200101)	50 537,00
Mano de obra (3 horas)	9 800,00
Total:	604 418,00

Rapid Manufacturing (RM)

La tecnología de *rapid manufacturing* (RM) ha afectado tanto a las industrias, empresas, y aplicaciones en distintas ramas y áreas, por medio de impulsar la investigación hacia procesos que incrementen sus capacidades, denotando así su importancia en el futuro de los procesos de manufactura.

Esta tecnología tiene una gran área de investigación y campos laborales como: la industria aeroespacial, automoción y deportes de motor, electrónica, aplicaciones biomédicas (tanto en ingeniería de tejidos como prótesis y órtesis), odontología, videojuegos, juguetes, alimentación y muchos más.

Esta posee un gran atractivo en muchas áreas, ya que tiene una gran flexibilidad para la elaboración de piezas que integren al diseño y la producción en el desarrollo de productos, permitiendo aumentar la rapidez de entrega del producto al cliente, dando valor agregado a esté, las piezas o componentes se pueden convertir en productos personalizados, semi-personalizados o a la medida; facilitando tanto su producción, disminuyendo sus costos y facilitando su mantenimiento.

Uno de sus principales problemas o dificultades es el coste de la máquina y su mantenimiento, ya que son bastantes elevados. Sin embargo dentro de sus ventajas están: la optimización en tiempos de fabricación de partes únicas, la oportunidad de reducción de piezas mediante la fusión de componentes en un mismo diseño, producción de piezas complejas (diseño y software CAD), etc.

La tecnología de *rapid manufacturing* se puede dividir en distintos procesos como:

- **La estereolitografía** (fabricación aditiva, utiliza fotopolímeros y luz ultravioleta que solidifica las secciones transversales de la pieza).
- **La sinterizado láser** (proceso en el que se calienta el material, en forma de polvo, de modo que las partículas se unan).
- **La fabricación aditiva** (fabricación aditiva mediante la extrusión de material).
- **Impresión tridimensional** (método de prototipado rápido y económico conocido como impresión en 3D).

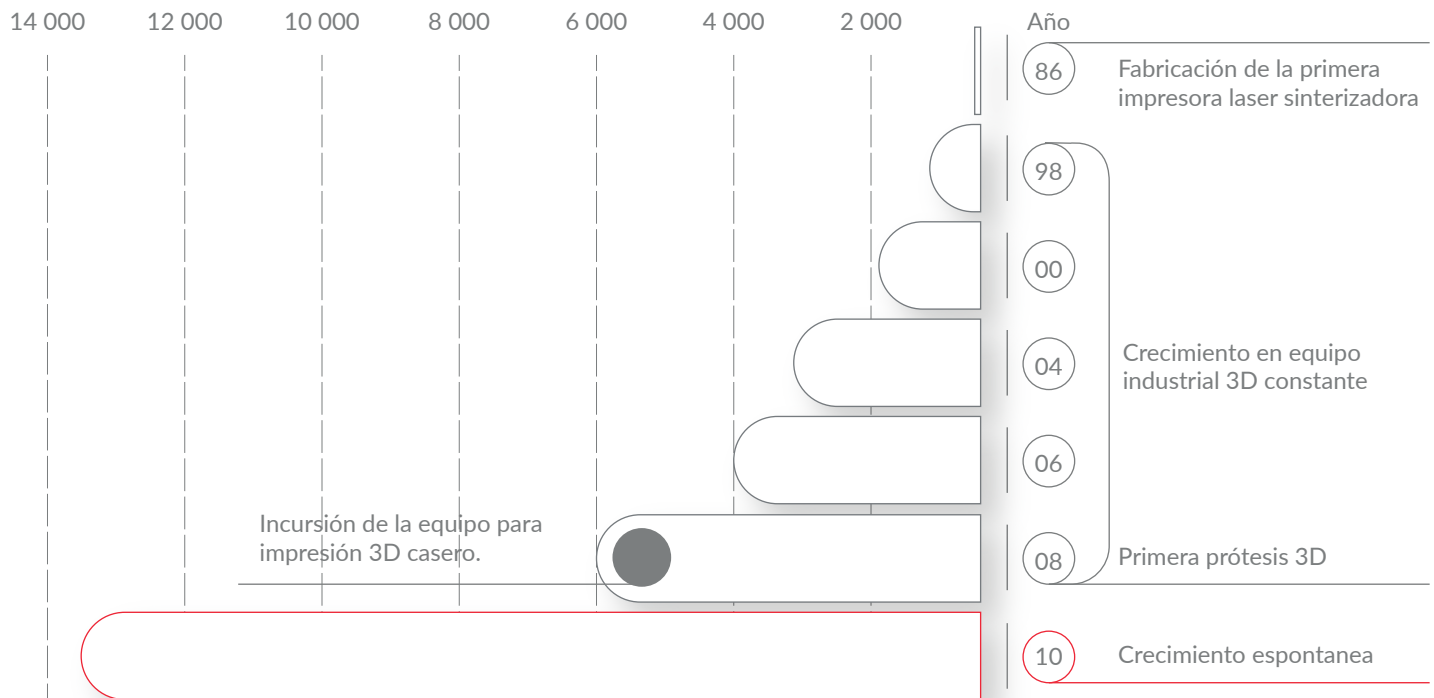
- **La impresión en 3D polyjet** (se basa en el proceso de impresión de inyección de tintas a partir de ficheros 3D).
- **La fundición por láser de polvo de metal** (se da una fundición total del polvo dando piezas 100% densas).
- **La fusión por haz de electrodos** (fabrica piezas capa por capa a partir de polvo de metal).
- **La impresión tridimensional de metal procesos** (basada en una impresora 3D, con la posibilidad de utilizar polvo de metal o polvo de arena),
- **El recubrimiento por láser** (deposición de un polvo en un sustrato y fundirlo directamente),
- **La deformación incremental de chapa metálica** (deformación localizada de piezas , generando la superficie del producto),
- **El electro conformado** (describe procesos de electrodeposición de metales sobre un modelo), y
- **El colado al vacío** (sumerge un modelo en una resina liquida, permitiendo la obtención de un molde para la reproducción de piezas). (Hernandez Castellano, 2012).

Para el presente proyecto nos enfocaremos en el proceso de manufactura aditiva debido a su facilidad y presente crecimiento y desarrollo en el área de la fabricación de componentes y piezas hechas a la medida. A parte a la fabricación aditiva, entendida como la fabricación a través de tecnologías 3D, siendo uno de los procesos que se ha comenzado a implementar con mayor frecuencia a nivel industrial.

Según datos de Terry Wohlers (analista y consultador del sector de la producción en el área de la manufactura aditiva), en su informe emitidos cada año llamado "*Wohlers Report*"; menciona que el sector de la tecnología 3d ha llegado en los últimos años a tener un muy importante incremento en las ventas de equipos para la impresión, el escaneo o el análisis en 3D, siendo este un proceso cada vez más accesible y necesario en las empresas. (Lipson, 2015).

Figura 7. Cantidad de máquinas de impresión 3D vendidas desde 1986 hasta el 2010.

(Lipson, 2015)

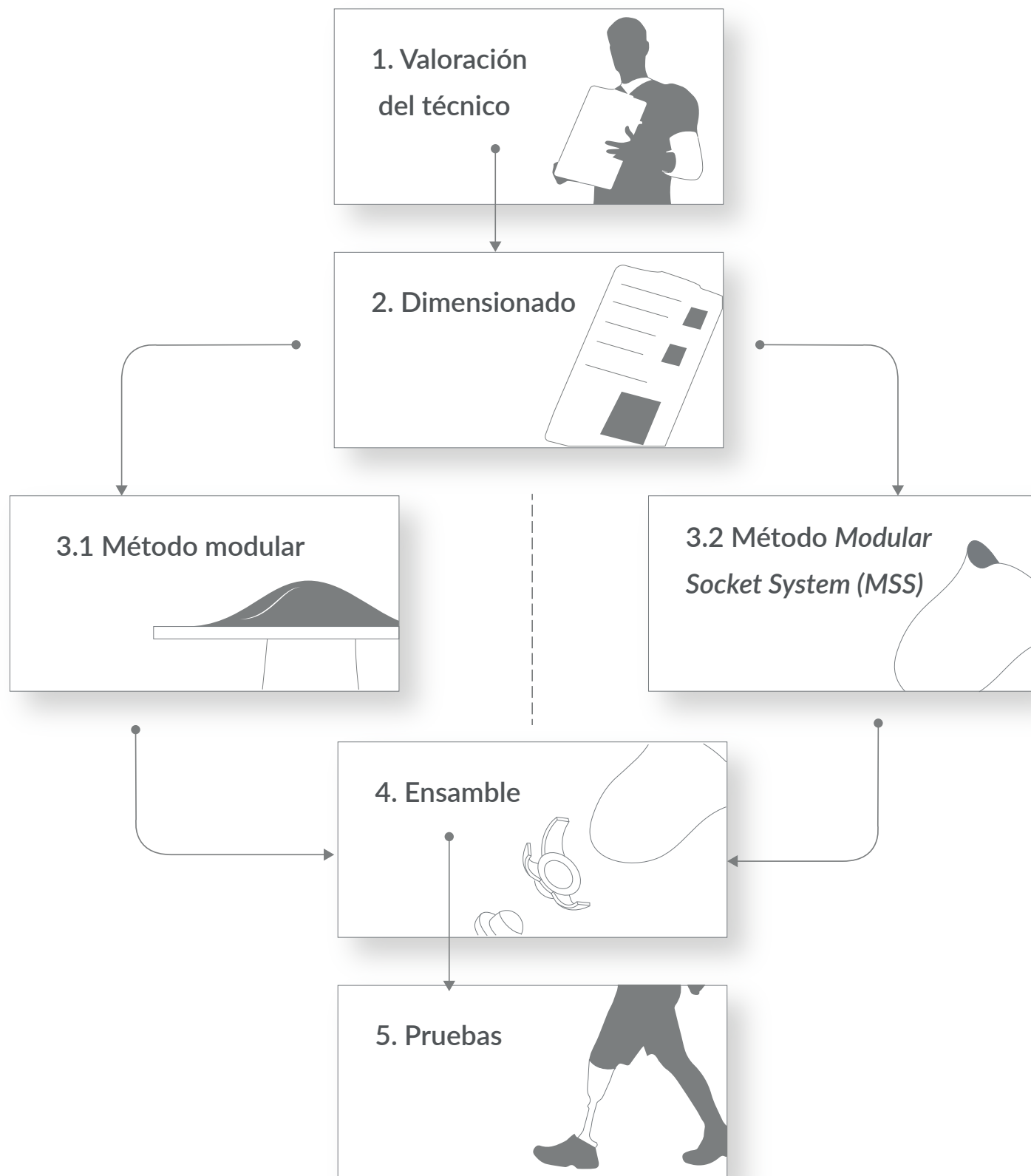


Proceso de fabricación de prótesis a nivel nacional (área privada y pública)

El proceso de fabricación de prótesis a nivel nacional, puede llegarse a generalizar en 5 etapas distintas, iniciando con la valoración del médico hasta la realización de pruebas al producto, para la detección de posibles errores o molestias al momento de ser utilizada por el usuario. Dicho producto posee un proceso de fabricación mixta, ya que gran cantidad de sus componentes son estandarizados y adquiridos por catálogo, sin embargo piezas como el socket son fabricadas a la medida dependiendo a la anatomía del paciente.

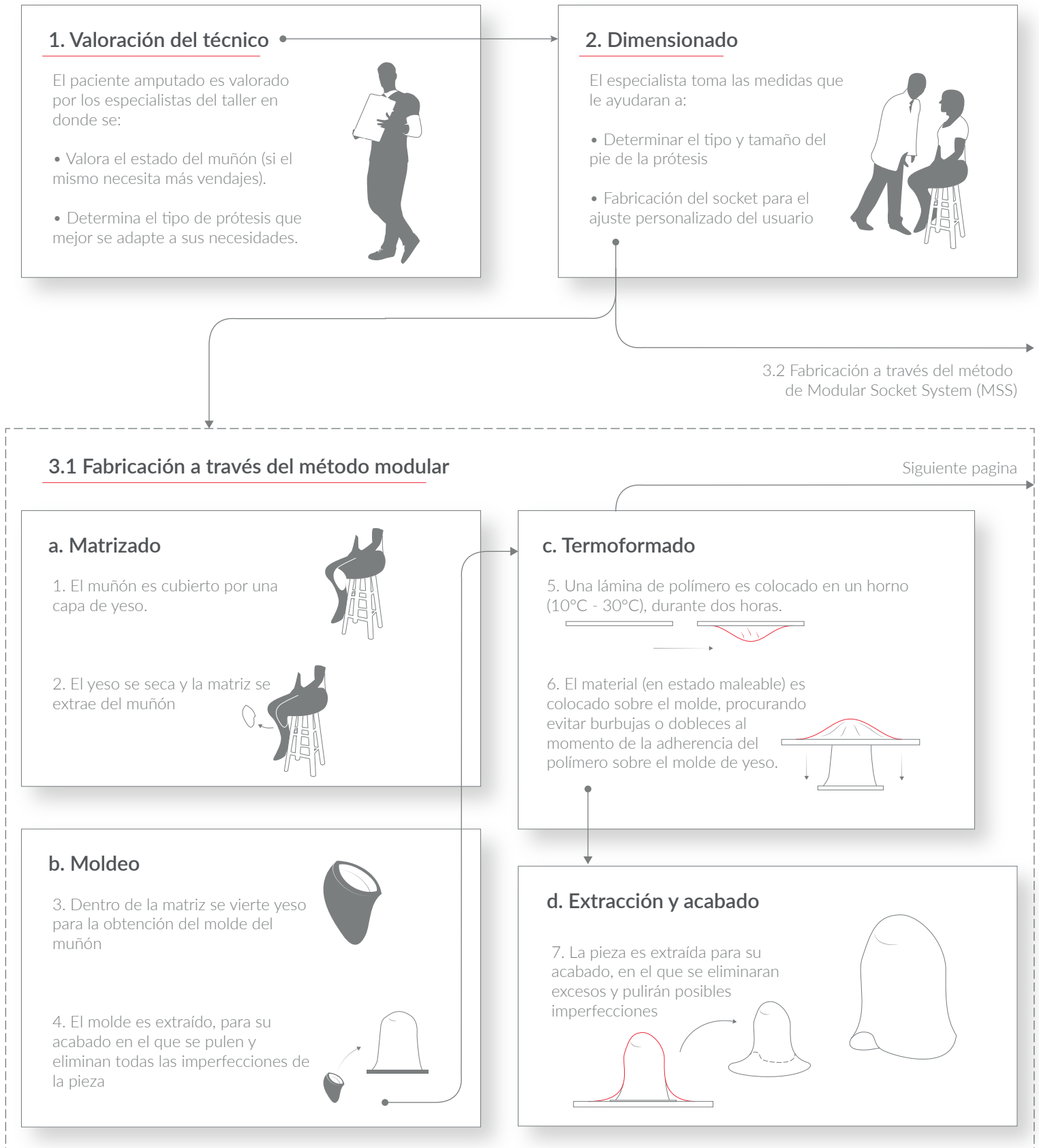
A continuación del diagrama del proceso.

Figura 8. Flujograma proceso de manufactura prótesis
(Lipson, 2015)



Mapa del proceso de fabricación de prótesis a nivel nacional.

Figura 9. Mapa del proceso de manufactura prótesis
(Taller Nacional de Ortesis y Prótesis, 2016)



3.2 Fabricación a través del método de Modular Socket System (MSS)

a. Preparación

1. El especialista prepara el muñón. Dentro de esta etapa:

- Se coloca el **liner** en el muñón
- El miembro es cubierto por capas de maya de fibras de carbono



b. Conformado

2. El especialista coloca los tubos para la inyección de la resina, al tiempo que coloca las protecciones para que la resina no dañe el **liner**



3. Se inyecta la resina



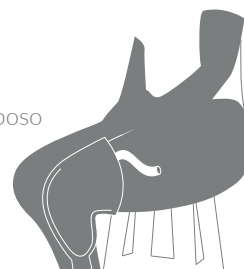
4. El especialista esparce uniforme la resina por el muñón



c. Reposo

5. Al muñón se le coloca una bomba a presión que comprima la resina para que se adapte a la forma de la pierna.

6. El miembro permanece en reposo durante dos horas.



d. Extracción y acabado

7. La pieza es extraída para su acabado, en el que se eliminan excesos y pulirán posibles imperfecciones



4. Ensamble

Gracias a las especificaciones del especialista se adaptan las distancias y ensamblan los componentes estandarizados del producto



5. Pruebas

El producto es probado mediante ejercicios de marcha con el paciente, determinando posibles fallas o molestias con el usuario.



3.1 Fabricación a través del método de Modular

Investigaciones elaboradas del tema

A través de una breve investigación exploratoria en el tema, se encontraron e identificaron temas y proyecto de diseño ampliamente relacionados al ámbito de la fabricación de prótesis en distintos países.

Dirigiéndose a la carga mundial de accidentes cerebrovasculares en el diseño de un sistema de exoesqueleto robótico de bajo costo para el miembro superior post-rehabilitación a accidentes cerebrovasculares. (Luijten, 2013)

Documento elaborado por Luijten, para la el grado de maestría en ciencias médicas para la facultad de ingeniería en Diseño Industrial de la Universidad Tecnológica de Delft en el que hace un análisis referente al proceso de diseño que conlleva la elaboración de un exoesqueleto para ayudar a personas en la rehabilitación de alguno de sus miembros superiores dañados, luego de haber sufrido un accidente de carácter cerebrovascular.

Todo ello es tratado desde un punto de vista de comodidad del paciente para que este se adecue con mayor facilidad a los espacios de convivencia cotidiana. Llevando al diseño de un dispositivo robótico de bajo costo.

El dispositivo de ayuda neuromuscular se implementa durante las etapas post accidente, ayudan la eficacia en los pasos de rehabilitación de los pacientes. El mismo proporciona grandes mejoras en comparación al sistema tradicional implementado en las clínicas y hospitales en el continente Europeo, ya que reduce el tiempo para la recuperación el usuario, reduciendo costos del tratamiento (debido a su bajo costo de fabricación) y aumenta el grado de efectividad para el regreso total de las funciones perdidas en el miembro dañado.

Ventajas del dispositivo de ayuda:

- En la ayuda de dispositivos robóticos de asistencia en recuperación se reducen los tiempos de recuperación requeridos
- Se logra un mayor grado de éxito en la recuperación de pacientes
- Ayuda a que los usuarios se incorporen devuelta a sus labores cotidianas.
- Debido a su bajo costo, reduce el precio de los tratamientos de re-habilitación para el paciente.

- Se ve la implementación de nuevas tecnologías para la reducción de costos de manufactura.

Diseño de herramientas para la fabricación de dispositivos de prótesis a pie de Jaipur. (Elvira, 2011)

Las prótesis hoy día son un dispositivo esencial en pacientes amputados. Sin embargo un gran problema de dichos dispositivos son los altos costo de fabricación, que los hacen poco accesibles a la población en línea de pobreza. Es por ello que organizaciones como la Organización Pie de Jaipur en la India proveen de servicios ortopédicos gratuitos a personas en estado de pobreza, debido a la gran desigualdad social en el país. Todo ello con la intención de proveer una mejor calidad de vida a estas personas.

Actualmente dicha organización cuenta con procesos de ritmo rápido que mejoran los tiempos de fabricación de prótesis, un amplio perfil en tipos de materiales y nuevas tecnologías de “rapid manufacturing” para la elaboración de prótesis que ayudan a un pronto tratamiento para la rehabilitación de los pacientes amputados y por último una excelente estrategia de fabricación enfocada al paciente.

El informe de este proyecto señala, en base a la investigación del proceso ejecutado en la organización y a la labor que se realiza actualmente; ciertos aspectos para la mejora de las estrategias aplicadas hasta el momento.

Puntos críticos en relacionados a miembros inferiores detectados en la investigación:

- El mal ajuste del miembro inferior, puede evitar las fallas prematuras en la prótesis
- El mal ajuste de los ensambles de pie articula el dispositivo no cuenta con la precisión requerida, por lo que causa patrones de incorrecto caminado en los pacientes.

Dicha investigación toma en cuenta aspectos económicos importantes ampliamente relaciones a los recursos del paciente, que puedan ser tomados en cuenta como base para posibles modelos adaptados a las condiciones actuales de Costa Rica. Señalando además pautas a la mejora en la trata de pacientes en el país.

**Galileo Hand: Diseño de una prótesis
biónica sub-actuada de bajo costo
utilizando impresión 3D.
(Ferman, 2015)**

En el estudio se investiga la posibilidad del diseño de una nueva prótesis de acceso abierto (para el público) y de bajo costo, que conserve la mayor movilidad posible al paciente amputado. Esto con el propósito de distribuirla en la web, para brindar la posibilidad de prótesis más accesibles a las poblaciones que lo necesiten.

Se consideran tanto los materiales a utilizar (costo) y las funciones que puede realizar la parte del cuerpo (en este caso la mano, para tanto agarre, empuje, etc.); para conservar la personalización del dispositivo y brindar una mayor oportunidad en la accesibilidad del mismo. Actualmente en el mercado se encuentran prótesis no funcionales, por lo que esto sería un valor agregado, además brindan la oportunidad de una personalización en los diseños sin afectar las funciones.

La investigación se enfoca en puntos como el costo, la personalización de los productos (sin afectar el diseño o funcionalidad) y la ayuda que brindada a causas de interés social..

**Proyecto e-nable sobre el
desarrollo de prótesis mecánicas
por impresión 3d.
(Lorean, 2014)**

Se estudia la posibilidad de prótesis que puedan reemplazar las actuales (debido a los costos elevados), tomado en cuenta la calidad de vida y el uso diario que se le darían a estas piezas.

El estudio inicia al notar que los índices de pérdida de miembros (superiores) por accidente están en aumento, y este tipo de problemas pueden ocasionar una dificultad al reingreso a la sociedad.

El investigador inicia la búsqueda, notando la importancia de anatomía y funcionalidad a la parte del cuerpo donde se realizará la prótesis, brindando también los motivos por los cuales se genera el problema y sus distintos efectos, que pueden alterar el diseño del dispositivo, para luego proceder a una fase de experimentación (dependiendo del paciente la prótesis será modificada).

El mismo resalta que dependiendo del problema que se presente, la función del prototipo sería distinta, además de identificar y categorizar a fondo las funciones que se quieren realizar, conociendo más al usuario (anatomía y motivo de la lesión).

**Fabricación de una Prótesis Humana
utilizando una impresora 3D en
Honduras.
(Borjas, 2015)**

Se estudia la posibilidad de la realización de prótesis elaboradas con impresoras 3D, debido a las deficiencias de los sectores de salud pública y sus limitantes en términos de producción de prótesis.

La investigación inicia con la situación actual que se presenta (métodos, población, cantidad, producción de órtesis y prótesis, incidencia de personas con ausencia de miembros, cantidad de pacientes, etc), para encontrar la oportunidad de producir prótesis de bajo costo y accesibles a la población.

Ayuda a conocer la situación actual con respecto a centros de salud pública, aunque la investigación pertenece a otro país, los centros públicos que se encuentran en Costa Rica no están muy lejos de esta situación ya que lugares como el Taller Nacional de Órtesis y Prótesis tiene sus dificultades al brindar el servicio de calidad con las tecnologías existente en el país.

**Aplicaciones de las impresoras 3D en
medicina.
(Arraéz, 2014)**

En la investigación se estudia el estado que presentan las impresoras 3D para sus aplicaciones en el campo médico, ya que actualmente es una tecnología que está en crecimiento, y aportando muchas ventajas tanto en aspectos de costos y tiempos de producción, así como características funcionales que se les pueden brindar a los productos.

Al iniciar la investigación, se empieza por la búsqueda de impresoras 3d y todas las posibilidades que éstas poseen, además de los distintos campos en que puede interactuar con la medicina (tejidos, óseo, fármaco).

Esta investigación ayuda a conocer más este tipo de tecnologías que actualmente se encuentran en auge, siendo implementadas, tanto en la fabricación de prótesis de miembros superiores o inferiores, sino como la fabricación de demás productos para distintas partes del cuerpo.

**Diseño de una prótesis mio-eléctrica
de miembro superior de código
abierto.
(Giraldo, 2015)**

El estudio busca desarrollar una prótesis que sea capaz de emular lo más posible, la movilidad natural de la mano humana, para así mejorar la calidad de vida del usuario.

Este estudio se analiza de una manera más familiarizada, ya que se empieza por un breve marco teórico acerca de la búsqueda de distintos tipos de prótesis para conocer tanto sus costos, funcionalidades o limitaciones y la tecnología implementada para la mejora del confort del usuario, además de aspectos anatómicos del cuerpo donde se realizara la prótesis (partes, músculos, acciones, movimientos, huesos, etc.), para así llegar a la realización de prototipos funcionales de la prótesis.

**Prototipado rápido. La tecnología al
servicio de la salud.
(Llanos, 2005)**

Esta investigación visualiza todas las posibilidades que presenta este tipo de prototipado, en ayuda al campo médico, y las facilidades que ha permitido tanto para el diseño industrial (permite visualizaciones rápidas), como en áreas de la salud (mejor personalización para el uso), con el fin de facilitar las intervenciones médicas en los usuarios y mejorar la calidad de vida de estos.

Se inicia con una breve explicación de los métodos de prototipado rápido que existen y los pasos a seguir para generar estos productos (que dependiendo de la tecnología utilizada), facilitando la visualización del problema y el análisis que realiza el profesional para evaluar la complejidad de la situación.

El campo de usos de nuevas tecnologías 3D no se limita únicamente a prótesis, sino que estas también pueden ser utilizadas para cirugías o realizar pruebas, por lo que se debe analizar a que área de la salud se dirige el proyecto.

**Modelos de estudio 3D. Ventajas e inconvenientes.
(Espada,2013)**

En el artículo analizado anteriormente se evaluó la asequibilidad y razonabilidad para la obtención de un aparato de escaneo y prototipado en impresión 3D en una clínica dedicada a la ortodoncia. El artículo elaborado además de presentar resultados satisfactorios y rentables arroja una serie de datos relativamente cercanos a la situación actual de una posible implementación de estos dispositivos en el campo de la medicina para una demanda media de productos.

Este informe viene a servir de referencia para la controversia e incertidumbre en el campo de las nuevas tecnologías en la manufactura de aparatos médicos por sistema de impresión 3D, ya que evidencia la eficiencia clínica y reducción de costos en la incorporación diaria en estos procesos.

Por último el mismo artículo hace referencia a los nuevos materiales que pueden ser impresos por sistemas CNC mediante un análisis a publicaciones cercanas a la nuestra.

**Plan estratégico para el diseño y el desarrollo de prótesis de rodilla y cadera en Costa Rica
(Orlich, 2011)**

La investigación fue realizada en junio del 2011, como proyecto de graduación para optar por el grado de licenciatura en desarrollo de productos del Instituto Tecnológico de Costa Rica, el cual buscó desarrollar un plan estratégico para introducir el diseño y el desarrollo de prótesis de rodilla y cadera para satisfacer la demanda nacional aprovechando la capacidad instalada y los recursos del país, analizando además las características, los requerimientos y materiales que se involucran en el desarrollo de estas prótesis, la posibilidad de una producción a nivel nacional y servicios que logren una diferenciación e innovación en el mercado.

Propuesta de valor del proyecto:

- Se considera que el país solo invierte en esta industria para capacitar a más involucrados y facilitar el paso de los productos desarrollados con estas tecnologías.
- Se requieren inversiones para la utilización de estas tecnologías, ya que son dispositivos médicos que requieren estándares altos y certificados de aprobación.
- Es importante que las empresas vean el potencial de este tipo de industria, ya que se tiene un gran mercado y un buen sistema de salud con la Caja Costarricense del Seguro Social.
- Se necesita incentivar a las empresas a diseñar e innovar; para invertir en nuevas ideas de manera que se pueda competir con grandes empresas.
- Estas áreas biomédicas están en constante progreso y desarrollo

Plan estratégico de diseño enfocado en la mejora a la atención médica de pacientes que presentan algún tipo de amputación en extremidades inferiores. (Araya, 2015)

Esta investigación, realizada durante 2015 para el grado de licenciatura en desarrollo de productos del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se enfatizó en el desarrollo de un plan estratégico para cubrir las principales etapas de implementación y rehabilitación por medio del planeamiento de un sistema conformado por distintos tipos de productos y servicios que incorporara más la interacción con el paciente amputado mediante un modelo biopsicosocial (salud = combinación de factores biológicos, psicológicos y sociales y no puramente en términos biológicos).

Propuesta de valor del proyecto:

- Una propuesta integrada de productos y servicios que contribuyen a la mejora del actual sistema de atención al paciente en el Taller de Ortesis y Prótesis de la Caja Costarricense de Seguro Social de Costa Rica (CCSS).
- La idealización de posibles estrategias a implementar para la integración de los involucrados en el proceso de atención médica a pacientes amputados por la CCSS.
- La definición de especificaciones técnicas de uso, funcionamiento, perceptibilidad y la incorporación de criterios de diseño que formen base para el desarrollo de productos y servicios planteando una propuesta que de valor agregado a los usuarios.

Como estudio de investigación es posible recabar en puntos importantes incluidos como:

- La actualidad nacional presenta una amplia limitación en cuanto a la oferta de prótesis, en especial en el área de atención y servicio.
- En el país se ve la falta de participación de los involucrados que arroja para la mejora a estos servicios, en las etapas de implementación y rehabilitación del paciente amputado.
- El gran potencial que posee el área de la investigación para la mejora de los procesos y sistemas para la ayuda a la población amputada del país, debido a los muchos y frecuentes problemas u oportunidades desatendidas actualmente.

Antecedentes

Conclusión antecedentes

Conclusión

- Es evidente el crecimiento que se ha llegado a tener en los últimos años en la demanda de prótesis dentro del país, según datos del Taller Nacional de Órtesis y Prótesis. Y de la dificultad que implica para el taller llevar a cabo una implementación adecuada del producto.
- En el mercado de las prótesis a nivel nacional es posible detectar el sector privado y público. En ambos el proceso de fabricación de los componentes hechos a la medida es semejante, habiendo diferencia solo en los precios (siendo más caras las prótesis privadas), acabados (siendo mejor el de las empresas privadas) y componentes estandarizados (ya que en ocasiones dentro del sector privado es posible la utilización de componentes de segunda más baratos); factores que provocan una más rápida implementación en el sector privado.
- Alrededor el mundo es evidente la utilización de procesos de manufactura aditiva, para solventar la necesidad de fabricar producto en menor tiempo y más adaptables a las necesidades específicas de cada usuario. Además dentro el país también han existido investigaciones en el campo de la fabricación de prótesis biónicas a partir de sistemas de impresión 3D.

Diagnóstico de la situación

Análisis de involucrados

Planteada la situación actual se procede a identificar a los grupos o individuos que se ven afectados de manera directa o indirecta en la problemática central del proyecto de investigación, para así conocer sus intereses, percepciones, recursos o conflictos potenciales que poseen.

Diagnóstico de la situación

Análisis de involucrados (Principales)

Cuadro 2. Tabla de principales involucrados

(Elaboración propia)

Grupos	Intereses	Problemas percibidos	Recursos	Intereses estratégicos	Conflicto potencial
<i>Pacientes amputados</i>	Obtener una mejor calidad de vida.	Elevado costo de las prótesis.	Información sobre uso y adquisición de prótesis.	Alto Una estrategia que disminuya los tiempos de implementación de prótesis y disminuya los costos de las partes y componentes.	Falta de recursos económicos para obtener prótesis de calidad.
	Recuperación pronta.	Largos tiempos de espera en obtener la prótesis.			
	Obtener prótesis de mejor calidad.	Ayuda parcial del Estado (CCSS).			
<i>Taller Nacional de Ortesis y Prótesis (CCSS)</i>	Mejora en los tiempos de entrega de las prótesis a los pacientes amputados.	Alta demanda de pacientes amputados.	Subsidio económico parcial al paciente.	Alto Mejoramiento de los tiempos y costos de manufactura de las prótesis, así como en la accesibilidad de este tipo de dispositivos médicos a la población del país.	Trámites para la implementación de una estrategia temprana.
		Largos procesos para la fabricación de piezas.	Conocimiento y experiencia en la atención a pacientes amputados.		
	Manufactura de calidad a un bajo costo		Experiencia en la fabricación de prótesis en el país.		
	Reducción del tiempo de recuperación del paciente.				
<i>Talleres privados de manufactura de prótesis</i>	Mejora en los tiempos de entrega de las prótesis.	Alta demanda de pacientes amputados.	Conocimiento y experiencia en la atención a pacientes amputados.	Alta Investigaciones sobre posibles procesos para la mejora de los tiempos y costos de implementación de prótesis, así como conocimientos en los actuales procesos de manufactura.	Poca información acerca de sus procesos de manufactura o contactos.
	Manufactura de calidad a un bajo costo		Experiencia en la fabricación de prótesis en el país.		
	Reducción del tiempo de recuperación del paciente.				

Diagnóstico de la situación

Análisis de involucrados (Tecnológico de Costa Rica)

Cuadro 3. Tabla de involucrado en el TEC

(Elaboración propia)

Grupos	Intereses	Problemas percibidos	Recursos	Intereses estratégicos	Conflicto potencial
<i>Ergotec (itcr)</i>	Implementación en actuales tecnologías 3D a proyectos de investigación. Mayor desarrollo y aporte a la comunidad científica y sector social del país.	Pocos investigadores especializados en esta área. Etapas tempranas en investigaciones.	Investigaciones basadas en el tema de las prótesis en el país . Conocimiento en el desarrollo, diseño, producción y estudio de prótesis. Investigadores relacionados a áreas de interés de prótesis.	Alto Implementación en distintos proyectos de investigación relacionados al desarrollo de prótesis en el país, para el aporte a la comunidad nacional.	Falta de información debido al desarrollo temprano de los proyectos de desarrollo de prótesis en el país.
<i>Ingenieros en diseño industrial</i>	Mejorar la accesibilidad de las prótesis en el país. Abrir una brecha en el campo del diseño de equipo médico en el país. Disminuir los tiempos y costos de implementación de este tipo de dispositivos Conceptualizar y plantear un plan estratégico de diseño (productos y/o servicios), por medio de una estructura organizacional. Mejorar la calidad y la personalización de los dispositivos protéticos.	Falta de recursos tecnológicos. Falta de investigación o limite en el área de estudio. Gran cantidad de productos importados.	Conocimiento en diseño industrial y en metodologías y procesos de manufactura para el desarrollo de productos.	Alto Involucración total en el desarrollo del plan para una total aplicación de sus conocimientos obtenidos en la carrera de diseño industrial para el desarrollo de prótesis en el país como proyecto de licenciatura en desarrollo de productos.	Limitación económica.

Diagnóstico de la situación

Análisis de involucrados (Profesionales)

Cuadro 4. Tabla de profesionales involucrados

(Elaboración propia)

Grupos	Intereses	Problemas percibidos	Recursos	Intereses estratégicos	Conflicto potencial
Técnicos en ortesis (ortopedistas, fisioterapeutas)	Ayudar a la mejora de la calidad de vida del paciente.	Presupuesto para obtener materiales y tecnologías.	Conocimiento y experiencia en manufactura de prótesis.	Alto Para brindar una ortesis de alta calidad y funcionalidad, en menor tiempo y un menor costo a pacientes amputados.	Poca accesibilidad al desarrollo de tecnologías de manufactura de prótesis en el país.
	Disminuir costo en la manufactura de las prótesis.	Alto precio de las partes para ensamblar prótesis avanzadas.	Conocimiento en partes y piezas de prótesis.		Altos costos del equipo y materiales para la fabricación de los dispositivos.
	Disminuir tiempos de entrega de los productos.	Falta de una legislación en manufactura de prótesis.	Conocimiento en tecnologías actuales de fabricación de los dispositivos.		Límites de tecnologías en manufactura aditiva.
	Aumentar producción de ortesis en el país.	Largos tiempos para el desarrollo de la prótesis. Cambios constantes en las partes personalizadas del producto.	Experiencia en la atención de pacientes amputados.		
Doctores	Disminuir el tiempo de recuperación del paciente.	Limitaciones de los actuales procesos para la fabricación de prótesis en el país.	Conocimiento y experiencia en amputaciones.	Medio Una mayor y más rápida vinculación en el control de pacientes en estado de rehabilitación.	Implementaciones reglamentarias acerca del tiempo de colocación de las prótesis.
	Mejorar la calidad de vida del paciente.		Experiencia en la atención y tratamientos de recuperación en personas amputadas.		Métodos nacionales para los tratamientos de rehabilitación a personas amputadas.

Diagnóstico de la situación

Análisis de involucrados (Hospitales y organizaciones)

Cuadro 5. Tabla de hospitales y organizaciones involucradas

(Elaboración propia)

Grupos	Intereses	Problemas percibidos	Recursos	Intereses estratégicos	Conflicto potencial
<i>Hospitales públicos</i>	<p>Brindar un servicio de calidad a los pacientes.</p> <p>Reducir las demandas de citas en espera.</p> <p>Aumentar la efectividad en el tratamiento del paciente.</p>	Alta y creciente demanda en pacientes con necesidad de prótesis.	Conocimiento en tratamientos para la rehabilitación, así como en atención de pacientes amputados.	Medio Mejorar la calidad de vida así como el servicio brindado al paciente.	Trámites internos para la implementación de las estrategias.
<i>Hospitales privados</i>	<p>Brindar un servicio de calidad a los pacientes.</p> <p>Aumentar la productividad en el tratamiento de pacientes carentes de algún miembro.</p>	Alta y creciente demanda en pacientes con necesidad de prótesis.	Conocimiento en tratamientos para la rehabilitación, así como en atención de pacientes amputados.	Baja Mejorar la calidad de vida así como el servicio brindado al paciente.	
<i>Organizaciones gubernamentales (micit, cinde)</i>	<p>Brindar un apoyo técnico y tecnológico.</p> <p>Generar una red de involucrados.</p> <p>Colaborar con un tema de creciente problemática en el país.</p>	<p>Falta de involucrados en procesos de innovación, investigación y desarrollo.</p> <p>Falta de iniciativas en proyectos relacionados a la movilidad humana.</p> <p>Poca integración de involucrados en el proceso.</p>	<p>Conocimiento en nuevas y mejores tecnologías en el país.</p> <p>Financiamiento económico para la investigación.</p>	<p>Medio Red de contactos, para posibles involucrados.</p> <p>Conocimientos técnicos y tecnológicos.</p>	Trámites internos para la obtención de información.

Diagnóstico de la situación

Conclusión análisis de involucrados

Conclusión

Se logra observar a los posibles involucrados en el proyecto, además de sus intereses con los **pacientes amputados y los técnicos de prótesis** (ya sean talleres públicos o talleres privados), **para la mejora tanto en la implementación y la accesibilidad de prótesis**, siendo estos uno de los factores más importantes o críticos, para el análisis debilidades y oportunidades.

Diagnóstico de la situación

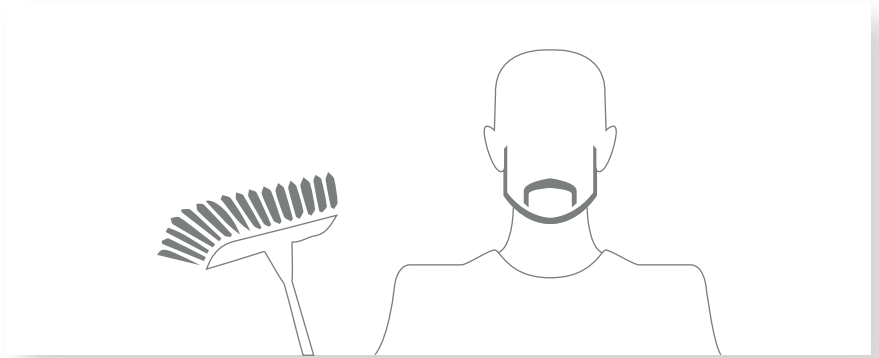
Mapa de empatía

Una vez conocidos los involucrados del proyecto, se procede diseñar “personas” que representan a los principales involucrados, para así, generar perfiles de estos que ayuden a sintetizar las necesidades, actividades o percepciones, con el objetivo de implementar modelos de diseño centrados en el usuario.

Adrian Fallas Solano

Edad: 45 años

Ocupación: conserje (paciente amputado)



¿Qué piensa y siente?

Le preocupa que la prótesis le cause algún tipo de malestar incomodidad al momento de utilizarla, ya que por su trabajo requiere el estar muchas horas de pie, además teme perder el trabajo por su condición de discapacitado.

¿Qué ve?

Ve que los procesos de fabricación de prótesis en los talleres privados son más cortos, que en el Taller Nacional de Ortesis y Prótesis, sin embargo sus precios son más elevados.

¿Qué oye?

Ha escuchado hablar sobre el tiempo en que tarda la implementación de la prótesis y las largas demandas de pacientes en espera de una, por lo que teme perder su trabajo.

¿Que dice y hace?

Adrian desea recuperar pronto sus capacidades y comenzar lo antes posible con el tratamiento, por lo que comienza a averiguar sobre talleres privados en el país.

Esfuerzos

- Teme ser despedido por la ausencia de las citas y lo largo del tratamiento.
- No poder realizar sus actividades cotidianas como antes.
- Discriminación laboral por su discapacidad

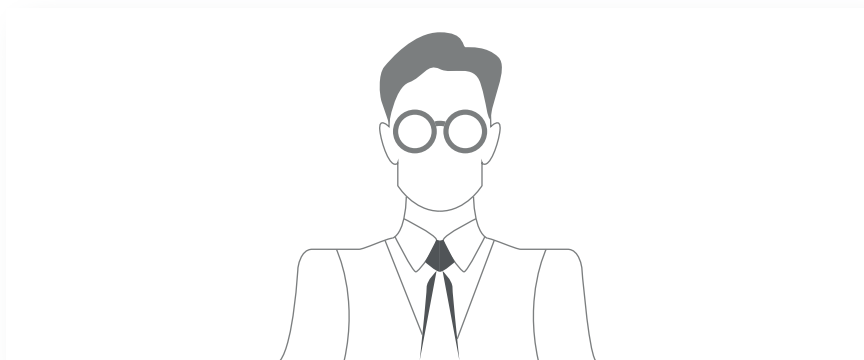
Resultados

- Comodidad al realizar sus actividades cotidianas con la nueva prótesis.
- Prótesis de bajo costo
- Fabricación rápida de prótesis
- Calidad de las prótesis

Alvaro Grant Montero

Edad: 37 años

Ocupación: Técnico de orto-prótesis
(técnico del Taller Nacional de Ortesis y
Prótesis)



¿Qué piensa y siente?

Considera que el tiempo de implementación actual de la CCSS es muy lento y de poca calidad, comparado a los estándares y tecnologías actuales.

¿Qué ve?

Ve que los procesos de fabricación en los talleres privados son más rápidos y eficaces, además de que utilizan prótesis y tecnología de mayor calidad.

¿Qué oye?

Ha escuchado las inconformidades de parte de los pacientes con respecto al largo tiempo de implementación de las prótesis.

¿Que dice y hace?

Brinda un servicio de calidad a los pacientes amputados y les informa acerca del mantenimiento y cuidado que deben tener con está, para extender la vida útil del producto. Ya que conoce sobre las problemáticas en tiempos y costos que conlleva la fabricación de prótesis.

Esfuerzos

- Teme bajar la calidad del producto ofrecido
- Le preocupa perder la demanda de clientes en el taller

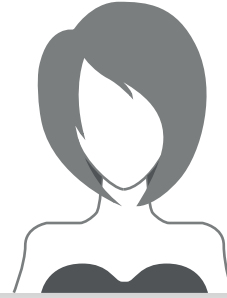
Resultados

- Deseo de obtener nuevos conocimientos en tecnologías de manufactura aditiva.
- Quiere aumentar la calidad de vida de los pacientes en el taller.

Camila Ramírez Pérez

Edad: 31 años

Ocupación: Directo de procesos en clínica privada (Técnica en Orto-prótesis)



¿Qué piensa y siente?

Le preocupa que los altos costos de producción disminuya la demanda de pacientes en la clínica, además de la creciente demanda en prótesis en el país.

¿Qué ve?

Camila investiga acerca de nuevos procesos de manufactura rápida; que agilicen los tiempos de fabricación y los costos de productos hechos a la medida.

¿Qué oye?

Ha escuchado acerca de los bajos costos de las prótesis en el Taller Nacional de Ortesis y Prótesis, y la creciente y alta demanda de este tipo de productos.

¿Que dice y hace?

Propone a la empresa invertir en optimizar los procesos existentes hasta el momento, así como la incorporación de nuevas tecnologías que ayuden a la empresa.

Esfuerzos

- Teme perder demanda de clientes por altos costos de las prótesis.
- Le preocupa perder la calidad de los productos fabricados si se varía el proceso de fabricación de las prótesis.
- Preocupación por los altos costos que conllevan la incorporación de nueva tecnología a la planta.

Resultados

- Deseo de obtener nuevos conocimientos en tecnologías de manufactura aditiva.
- Quiere disminuir los costos de fabricación de prótesis dentro de la empresa.
- Quiere aumentar la demanda de pacientes en la clínica privada mediante un servicio centrado en el usuario.

Carlos Brenes Lea

Edad: 25 años

Ocupación: Desarrollador de planes estratégicos en procesos para empresas. (Ingeniero en Diseño Industrial).



¿Qué piensa y siente?

Considera de las tecnologías actuales abren el campo del diseño al desarrollo de productos médicos en el país, en especial al ámbito de la fabricación de prótesis en el país.

¿Qué ve?

Observa las oportunidades de mejora en el diseño de nuevos modelos de prótesis, a través de nuevas tecnologías de fabricación.

¿Qué oye?

Escucha las necesidades de los involucrados, al problema principal de diseño.

¿Que dice y hace?

Se involucra en proyectos de investigación que desarrollen y estudien los problemas existentes en el campo de las prótesis a nivel nacional, para comprender mejor la problemática y generar una propuesta de plan estratégico.

Esfuerzos

- Teme la limitante económica existente en el campo de la investigación, así como en fondos para implementar la propuesta a plantear.
- Teme la limitación para obtener los resultados del trabajo en el tiempo requerido.
- Le preocupa el poco desarrollo en el área nacional acerca diseño y desarrollo de equipo medico.

Resultados

- Deseo de obtener nuevos conocimientos en tecnologías de manufactura aditiva.
- Quiere disminuir los costos de implementación de prótesis dentro del contexto nacional.
- Quiere involucrar más el área del diseño a las nuevas tendencias de equipo medico.

Diagnóstico de la situación

Conclusión mapa de empatía

Conclusión

El mapa de empatía permite conocer con más profundidad a los principales interesados con la implementación del plan estratégico, entre los cuales se encuentran los pacientes amputados, los cuales esperan productos de calidad, baratos y una **mejor accesibilidad**. Y los técnicos de prótesis y órtesis, que esperan herramientas que **faciliten u optimicen la implementación** de prótesis dentro del país.

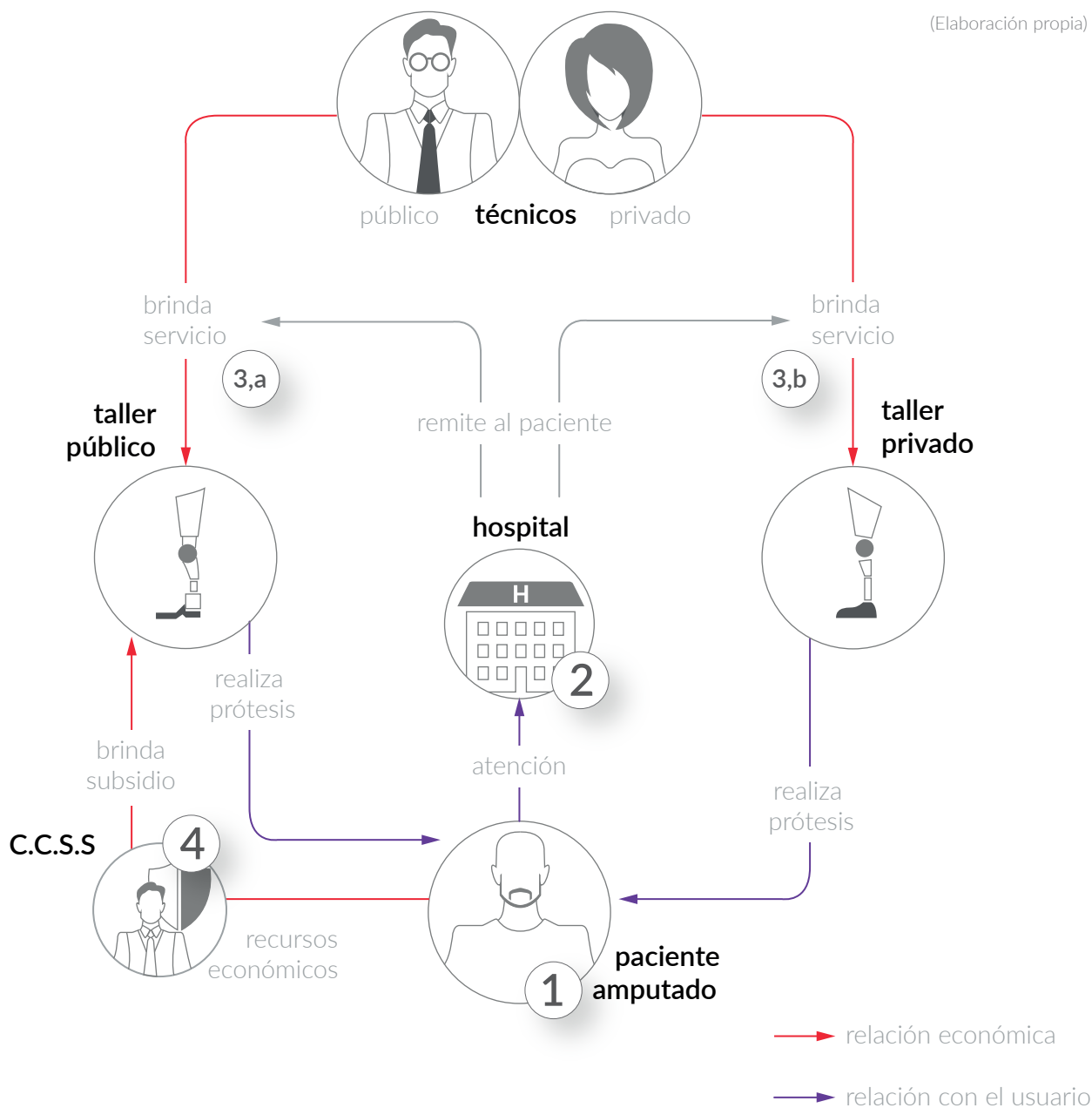
Diagnóstico de la situación

Mapa de sistema

Una vez establecidos los distintos involucrados que se posee el proyecto, se procede a elaborar un mapa de sistemas para contemplar la relación que poseen estos personajes entre sí.

Figura 10. Mapa de sistema

(Elaboración propia)



Diagnóstico de la situación

Conclusión mapa de sistema

Conclusión

Por medio de esta técnica se observa el proceso para la obtención de estos dispositivos, el cual inicia en el momento en el que el paciente amputado es asignado ya sea al Taller Nacional de Ortesis y Prótesis, o si esté lo desea, a una clínica o taller privado, en las cuales inicia la planeación y el desarrollo de la prótesis (implementación). siendo este un proceso extenso que **dificulta la accesibilidad de las prótesis a usuarios**. Un aspecto importante es el subsidio económico que brinda la CCSS a los pacientes amputados asegurados, que solicitan el servicio en el taller nacional (sector público).

Diagnóstico de la situación

Análisis PEST

Se realiza un análisis de los distintos factores políticos, económicos, sociales y tecnológicos que permiten examinar el contexto de la situación y conocer el panorama general para el proyecto de investigación.

Cuadro 6. Análisis PEST

(Elaboración propia)

Factor	PEST	Impacto	Impacto en el proyecto
Ayuda socioeconómica (subsidio) brindada por la Caja Costarricense de Seguro Social a los pacientes amputados.			Facilita el acceso de prótesis a usuarios de bajos y medianos recursos económicos
Creciente demanda en prótesis a nivel nacional.			Retrasos en la implementación de prótesis en los clientes
Procesos rudimentarios (manuales), generan largos procesos de implementación			Largos procesos de espera para la prótesis, retrasando la recuperación del paciente
Implementación mundial de las nuevas tecnologías 3D al desarrollo de componentes a la medida en prótesis de miembros inferiores.			Oportunidad en la implementación de dichas tecnologías en el país para proceso de fabricación de componentes hechos a la medida
Sistema actual de cita que brinda la Caja Costarricense de Seguro Social a los pacientes amputados			Largos tiempos de espera entre citas para los pacientes en el sector público retrasa la implementación de la prótesis a esée.
Dificultad de mantenimiento de las prótesis.			Demuestra la problemática existente y la oportunidad del desarrollo del plan estratégico de diseño para el área.

Factor	PEST	Impacto	Impacto en el proyecto
Altos precios en la fabricación de componentes elaborados a la medida, para las prótesis de miembro inferior.	<div> <div>P</div> <div>E</div> <div>S</div> <div>T</div> </div>	<div>+</div>	Brinda la oportunidad de utilizar nuevas tecnologías 3D que mejoren la implementación de la prótesis al usuario, pero requiere de una inversión económica en la adquisición de está.
Vinculación de ErgoTEC en proyectos de investigación en el campo del diseño de prótesis y de nuevos procesos de fabricación de componentes hechos a la medida.	<div> <div>P</div> <div>E</div> <div>S</div> <div>T</div> </div>	<div>+</div>	Oportunidad de obtener información sobre los proyectos realizados en el laboratorio, así desarrollo de investigación posteriores en el campo de las prótesis en el país.
Límite en los recursos económicos en los pacientes	<div> <div>P</div> <div>E</div> <div>S</div> <div>T</div> </div>	<div>—</div>	Accesibilidad de los componentes de alto costo para las personas de bajos recursos.
Accesibilidad de pacientes en el diagnóstico	<div> <div>P</div> <div>E</div> <div>S</div> <div>T</div> </div>	<div>—</div>	Implementación de las prótesis en el pacientes, limitada a la lista de citas de la CCSS
Manufactura aditiva en crecimiento a nivel comercial (producciones pequeñas y realizadas a la medida)	<div> <div>P</div> <div>E</div> <div>S</div> <div>T</div> </div>	<div>+</div>	Crecientes avances en la tecnología tanto en el uso de materiales, procesos de manufactura y procesos 3D, mejorando las accesibilidad de la prótesis tanto a los talleres como a los usuarios.
Largos tiempos para la implementaciones de la prótesis en el paciente amputado.	<div> <div>P</div> <div>E</div> <div>S</div> <div>T</div> </div>	<div>—</div>	Implementación de prótesis a pacientes limitada a sistema de citas en la CCSS y al programa de subsidio
Limitación en talleres públicos (solo 1 taller público en Costa Rica)	<div> <div>P</div> <div>E</div> <div>S</div> <div>T</div> </div>	<div>—</div>	Limitación en recursos tecnológicos, y cantidad de pacientes a tratar.
Poca investigación en el país en el área de nuevas tecnologías para la optimización de procesos de manufactura, de acuerdo a las necesidades.	<div> <div>P</div> <div>E</div> <div>S</div> <div>T</div> </div>	<div>—</div>	Limita las referencias y conocimientos de estos procesos y tecnologías a nivel nacional

Factor	PEST	Impacto	Impacto en el proyecto
Poco conocimiento y apoyo en la ley 7600, en la cual se manifiestan factores de importancia en dispositivos médicos (en las cuales se incluyen prótesis), tanto de servicios, apoyos y obligaciones que se deben de cumplir.		—	Limitación en el apoyo que reciben estos productos en servicios que mejoren la implementación o la accesibilidad.
Registros del Ministerio de Salud Pública, sobre las especificaciones de las prótesis y órtesis otorgadas por instituciones estatales o que se distribuyen		+	Control en las prótesis ofrecidas por los talleres, así como registros de pacientes.

Diagnóstico de la situación

Conclusión análisis PEST

Conclusión

Por medio de análisis PEST se pueden concluir que:

- Poco conocimiento de leyes dentro del área de prótesis y órtesis dentro del contexto nacional.
- Los tiempos de implementación son extensos y dificultan la accesibilidad.
- El uso de manufacturas aditivas (tecnologías 3D) se encuentran en un creciente proceso, por lo que en la actualidad se utiliza para bajos volúmenes de producción, con expectativas a producciones más altas.
- Las prótesis son de costos elevados, por lo que la CCSS ayuda con un subsidio económico, facilitando la accesibilidad.

Diagnóstico de la situación

Capacidad instalada

En el análisis de capacidad instalada, se presentan recursos que pueden ser factores claves en el plan estratégico, tanto de mano de obra como de empresas o procesos, que puedan colaborar o ayudar al desarrollo de esté.






Cuadro 7. Capacidad instalada mano de obra
(Elaboración propia)

	Mano de obra						
	TEC	UCR	UNA	Privada	INA	Técnico	otro
Ing. Diseño Industrial	✓			✓			
Ing. Producción Industrial	✓	✓		✓			
Ing. Mecatrónica	✓						
Ing. Materiales	✓	✓	✓	✓			
Tecnólogos en prótesis		✓✓			✓✓	✓✓	✓✓
Maestría en Ingeniería en Dispositivos Médicos	✓✓						
Profesionales en el campo de la salud		✓✓	✓✓	✓✓			
Especialistas en tecnologías 3D					✓✓	✓✓	✓✓
Operarios					✓✓	✓✓	✓✓

 Información de campo
  Investigación de desarrollo
  Fabricación

Cuadro 8. Capacidad instalada empresa y proceso

(Elaboración propia)

<i>Servicio</i>	<i>Proceso</i>	<i>Instituciones y empresas</i>
 Recursos económicos	Financiamientos y subsidios	CCSS, TEC
 Elaboración de prótesis	Investigación	Lab. Ergotec, CENARE, MICIT
	Diseño de prótesis	Lab. Ergotec, Escuela de diseño industrial
	Implementación de prótesis	Lab. Ergotec, talleres de prótesis y órtesis
	Mantenimiento de prótesis	Talleres de prótesis y órtesis
 Piezas estadarizadas	Compra y pedido de piezas estándar o normalizadas en la prótesis	Chupis, talleres de prótesis y órtesis
 Materiales	Compra y pedido de los materiales de cada prótesis	Grupo SG, Markforged
 Tecnología	Servicios de impresión 3D	Talleres de prótesis y órtesis, Lab. Ergotec,
	Servicios de escaneo 3D	Talleres de prótesis y órtesis, Lab. Ergotec
	Adquisición de tecnologías	Grupo SG, Markforged

Diagnóstico de la situación

Conclusión capacidad instalada

Conclusión

El proyecto permite un **diseño integral o multidisciplinario**, en la cual distintas carreras, profesiones, o instituciones pueden colaborar con el desarrollo de este, además de empresas o procesos que pueden brindar servicios y datos para obtener mejores resultados.

Un recurso que se presenta es el apoyo del laboratorio de ergonomía (ergotec), el cual está compuesto por un equipo multidisciplinario (Ing. en diseño industrial, Ing. en producción industrial, Ing. en mecatrónica, Ing. en Electrónica y apoyo externos al laboratorio)

Como aspecto importante para la implementación de las prótesis, son **los materiales y las tecnologías que se utilizan para la manufactura aditiva, las cuales se ven limitadas** a las que se posean en la empresa a contratar el servicio y al presupuesto que se posea.

Marco metodológico

Introducción

Para la elaboración del proyecto se llevaron a cabo dos etapas enfocadas en la investigación y posterior análisis de datos e información, así como una segunda parte de planeación guiada a través de metodologías del diseño para una mejor comprensión y solución del problema a enfrentar.

La primera de las etapas se enfoca en la investigación, a través de medios de comunicación y literatura, en donde se obtuvieron datos e información de carácter cuantitativo, así como conocimiento teórico relacionado al tema. Además se realizaron entrevistas (datos de carácter cualitativo) a expertos y relacionadas directamente con el tema, tanto dentro de Ergotec (reuniones con la directora del proyecto DI. Olga Sánchez Brenes y el Ing. Miguel Araya), como en el Taller Nacional de Ortesis y Prótesis (directora del taller Meilin Guzman Amador y el técnico en prótesis Christian Reyes Araban); en donde se amplía el panorama la situación enfrentada debido a la creciente demanda de este tipo de productos en el país y se examinan las posibilidades y soluciones a las que debe ir guiado el proyecto.

En base a toda esta informa se procedió a la ejecución de herramientas del diseño industrial para el análisis más profundo, y la planeación del proyecto. Dichas herramientas son:

Marco metodológico

Primer semestre 2016

Protocolo 1

- Definición de la idea general del proyecto
- Lluvia de ideas relacionadas al tema
- Investigación en temas que se referan a problemáticas relacionada al tema
- Curso / retroalimentación

Protocolo 2

- Mapa mental
- Problema de investigación
- Curso / retroalimentación

Protocolo 3

- Cuadro de involucrados
- Árbol de problemas
- Curso / retroalimentación

Protocolo 4

- Mapa conceptual "Metodología de la investigación"
- Curso / retroalimentación

Protocolo 5 / avance 1

- Cuadro de involucrados (mejorado)
- Árbol de problemas (mejorado)
- Árbol de objetivos
- Antecedentes

Protocolo 6

- Mapa de empatía
- Mapa de sistema
- Curso / retroalimentación

Protocolo 7

- Benchmarking

Protocolo 8

- Análisis PEST
- Curso / retroalimentación

Protocolo 9

- Conclusión de los análisis realizados
- Curso / retroalimentación

Protocolo 10 / avance 2

- Capacidad de instalada
- Definición de objetivos (general y específicos)
- Definición de alcances y limitaciones
- Curso / retroalimentación

Protocolo 11

- Marco teórico
- Curso / retroalimentación

Protocolo 12 / avance 3

- WWWWW's
- Oferta de valor

Marco metodológico

Segundo semestre 2016

Anteproyecto

- Corrección y mejora de los análisis anteriormente realizados

Escenarios

- Usuario de prótesis dentro del área metropolitana
- Usuario de prótesis dentro en zonas rurales
- Usuario de prótesis con alta actividad física
- Usuario de prótesis con sensibilidad en el muñón
- Técnico en prótesis
- Conclusión escenarios

Briefings de los Productos

- Descripción
- Visualización
- Requerimientos

Plan de acción

- Alcances de los productos
- Factores críticos de éxito

Implementación en escenarios

- Implementación de los productos en los escenarios

Impacto de productos

- Prótesis
- Estaciones de trabajo
- Productos de investigación

Mapa del nuevo proceso

- Flujograma
- Proceso de fabricación implementación de productos

Mapa del Sistema Organizacional

- Mapa del Sistema para la implementación

Mapa de ruta tecnológico

- Mapa de ruta para la implementación

Informe final

- Presentación Final
- Informe Final
- Artículo Científico

Análisis de involucrados: Identifica los grupos afectados por la situación actual de manera directa o indirecta (expectativas, intereses, potencial y limitaciones).

Árbol de problemas: Consiste en el establecimiento de las relaciones causa y efecto entre los factores negativos de la situación existente y sus interrelaciones (diagrama).

Árbol de objetivos: Nace de transformas los problemas a estados positivos, identificando la relación medio – fin entre objetivos.

Mapa de empatía: herramienta para la ayuda en sintetizar sus las necesidades de los involucrados.

Mapa de sistema: Describe el ecosistema y el potencial del producto o servicio ofrecido (vinculaciones).

Benchmarking: Búsqueda de referencias y análisis de cómo se ha tratado de solucionar el problema en estudio en otros contextos.

Análisis PEST: Examina el contexto de la situación y es de utilidad para revisar la estrategia, posición, dirección de la empresa, propuesta de marketing o idea, por medio de analizar factores políticos, económicos, sociales, y tecnológicos.

Capacidad de instalada: Capacidades productivas y/o tecnológicas del país que podrían usarse para resolver el problema.

WWWWW 's: Lista de las preguntas más importan que se plantea para analizar el problema de diseño.

Oferta de valor: Expresión concreta de los conjuntos de beneficios y especificaciones que recibirá los usuarios a los que se dirige el producto o servicio.

Marco teórico

Aspectos teóricos

Esta sección permite establecer coordenadas básicas o ampliar el contexto de la investigación por medio de un conjunto de ideas, teorías o definiciones que engloban distintas actividades en la situación actual.

El marco teórico está dividido en tres secciones principales en las cuales se encuentran distintos aspectos teóricos, estos son:

- Términos médicos
- Dispositivos médicos
- Manufactura y tecnologías

Accesibilidad

Grado o nivel en el que cualquier ser humano (sin importar condiciones físicas o cognitivas), pueda utilizar o hacer uso de un producto, servicio o infraestructura.

Discapacidad

Según la clasificación internacional del funcionamiento la discapacidad y la salud es posible definir discapacidad como la deficiencia, limitación o restricción que posea un ser humano al ejecutar una actividad u operación. Es por esta razón que a toda persona en cuyo padecimiento se vean afectadas sus capacidades ya sean cerebral o musculares (parálisis cerebral, síndrome de down y depresión, entre otros), es categorizado como poseedor de una discapacidad en el área afectada.

Datos que se manejan en la Organización Mundial de la Salud, se calcula que más de mil millones de personas (un 15% de la población mundial), son discapacitadas de alguna forma y que de ellas el 3,8% (190 millones) son mayores de 15 años.

Dentro del campo nacional, en Costa Rica la discapacidad por limitante de movimiento en el sistema musculoesquelético (amputaciones), ya sea de extremidad inferior o superior, es causado en su mayoría por traumas, enfermedades vasculares, tumores y malformaciones congénitas.

Amputación

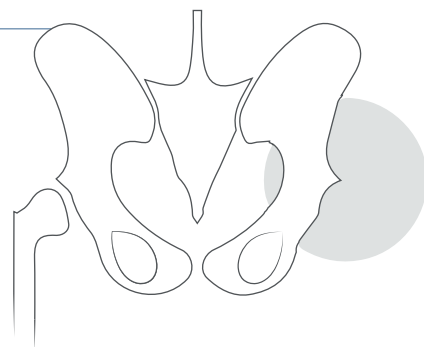
Una amputación es el proceso quirúrgico mediante el cual se procede a la extirpación de una extremidad o parte de algún miembro, esto debido a lesiones, enfermedades, infección o cirugía.

Este proceso puede llevarse a cabo mediante cirugía, accidente o traumatismo. Para las amputaciones en extremidades inferiores estas pueden llegar a ser de pierna, del pie o de los dedos de los pies.

Dentro de las amputaciones de miembro inferior estas pueden llegar a ser:

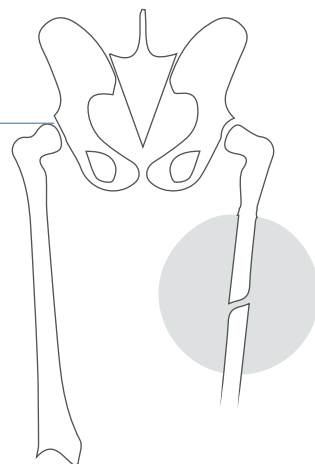
Desarticulación de cadera:

Amputación realizada en el área de la cadera, extrayéndose la articulación el hueso del fémur por tanto se carece de articulación de cadera.



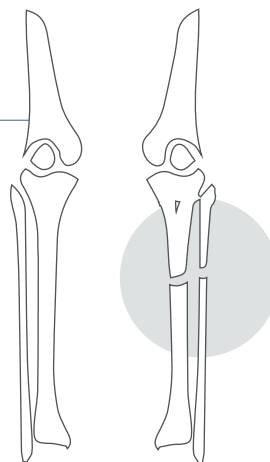
Transfemural (AK):

Amputaciones a nivel de rodilla donde existe un faltante parcial del fémur.



Transtibial (BK):

Amputaciones realizadas por debajo de la rodilla donde existe un faltante parcial de la tibia y peroné.



Ciclo de marcha

El ciclo de la marcha es la terminología científica al proceso de realizar la actividad de caminar. Según el Instituto de Biomecánica de Valencia define al ciclo de marcha como

“Una serie de movimientos alternantes rítmicos de las extremidades y del tronco que determinan un desplazamiento hacia adelante del centro de gravedad” (Sánchez, 2006).

Figura 11. Fases del ciclo de marcha
(Araya, 2015)

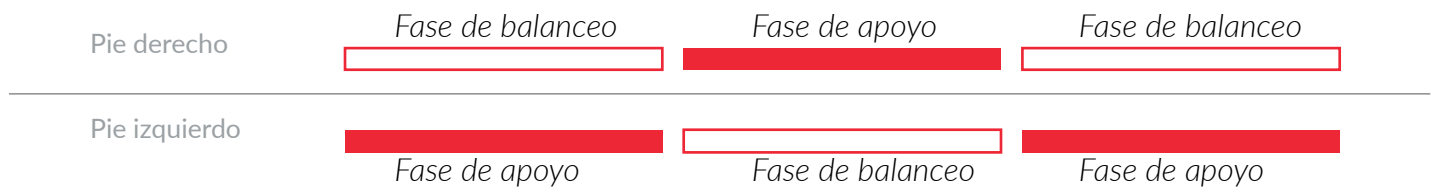
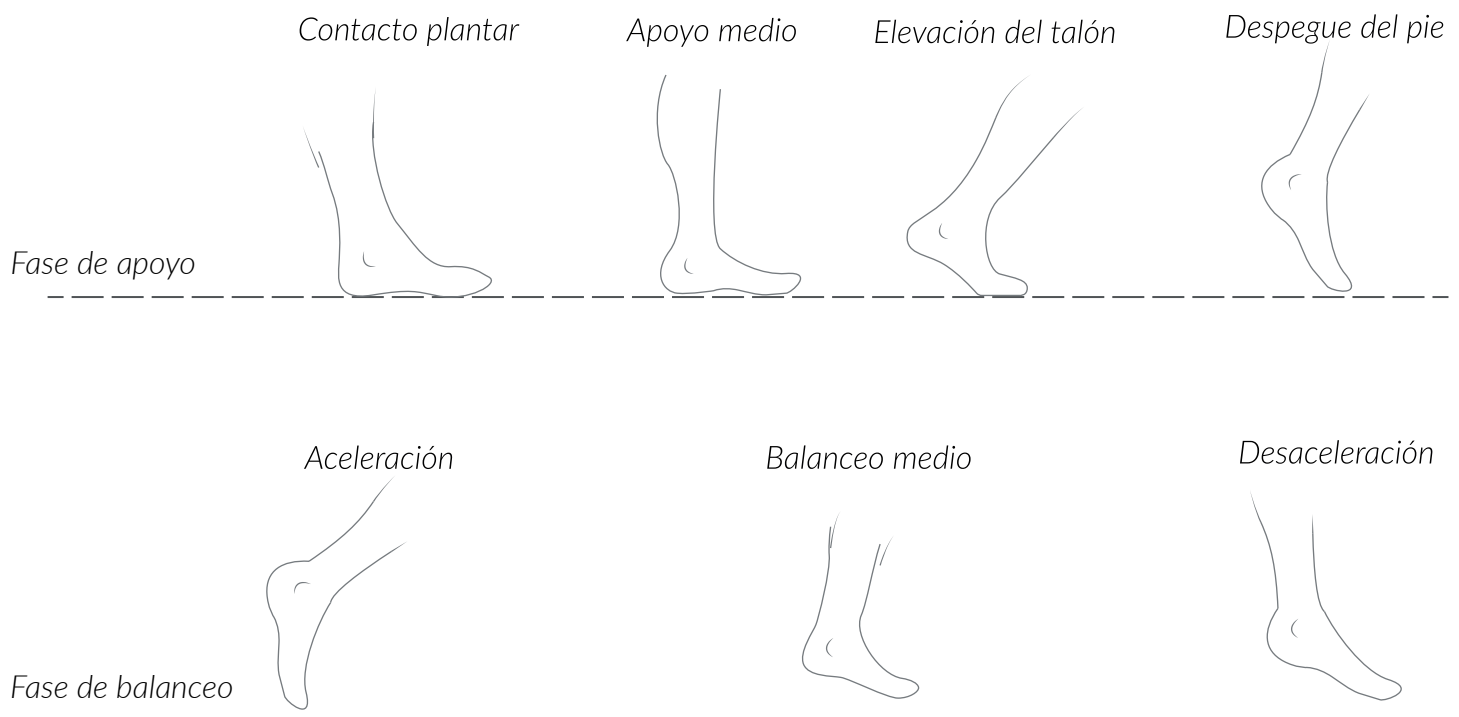


Figura 12. Etapas de las fases de marcha
(Araya, 2015)



Terminología científica relaciona a las amputaciones:

Abducción (separación): Apartamiento del miembro del cuerpo en un plano frontal

Aducción (aproximación): Acercamiento del miembro del cuerpo en un plano frontal

AK: Amputación arriba de la rodilla

BK: Amputación debajo de la rodilla

Encaje blando (socket): Hecho en material suave dentro del socket rígido

Encaje Sólido (socket): Hecho en resina de poliéster

Hiperextensión: Extensión del miembro más allá de posición anatómica

Pantorrilla (pierna): Cuerpo de la prótesis de construcción exoesqueleto crustáceo

Rotación externa (lateral): Giro del miembro hacia afuera en un plano transversal

Rotación interna (medial): Giro del miembro hacia dentro en torno a su eje mayor en un plano transversal

SACH (pie): Tobillo fijo.

Dispositivo médico

Dispositivos médicos

Instrumento, dispositivo, maquina, aparato, implante, *software*, material u otro artículo similar o relacionado, destinado a ser utilizadas ya sea de manera individual, o en combinación, para uno o más propósitos médicos (diagnóstico, prevención, control, tratamiento o alivio de una enfermedad, compensación de una lesión, investigación, sustitución o apoyo anatómico o de un proceso fisiológico, apoyar la vida, u obtener muestras procedentes del cuerpo humano).

Equipo médico

Equipo utilizado con fines específicos de diagnóstico y tratamiento de enfermedades o de rehabilitación (causada por una enfermedad o una lesión), excluyendo dispositivos de un uso o desechable.

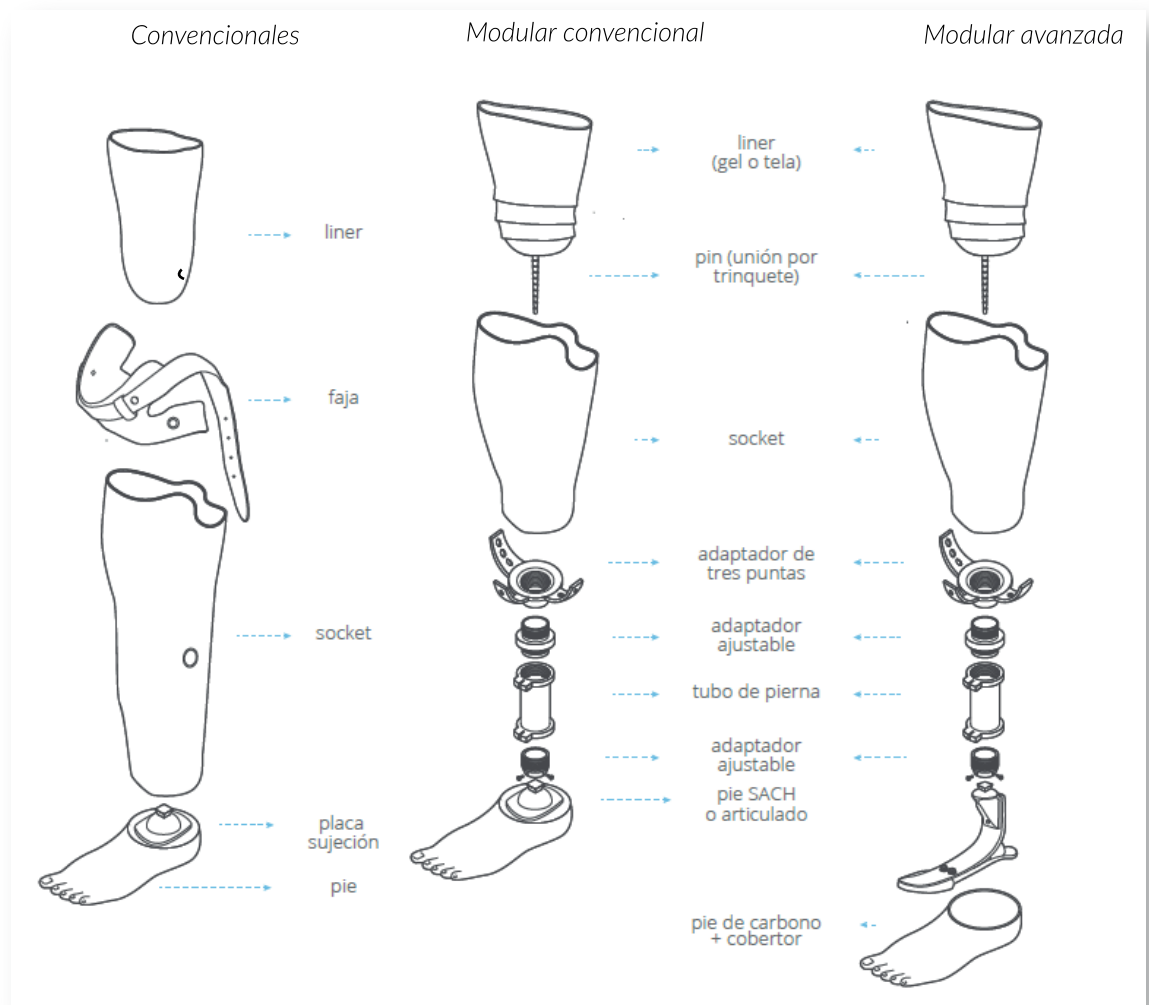
Prótesis de miembro inferior

El actual Taller de Órtesis y Prótesis de la CCSS realiza prótesis dependiendo al tipo de amputación realizada.

A nivel de amputación de tipo transtibiales (abajo de rodilla) podremos encontrar tres tipos distintos de dispositivos:

Figura 13. Componentes prótesis miembro inferior

(Araya, 2015)

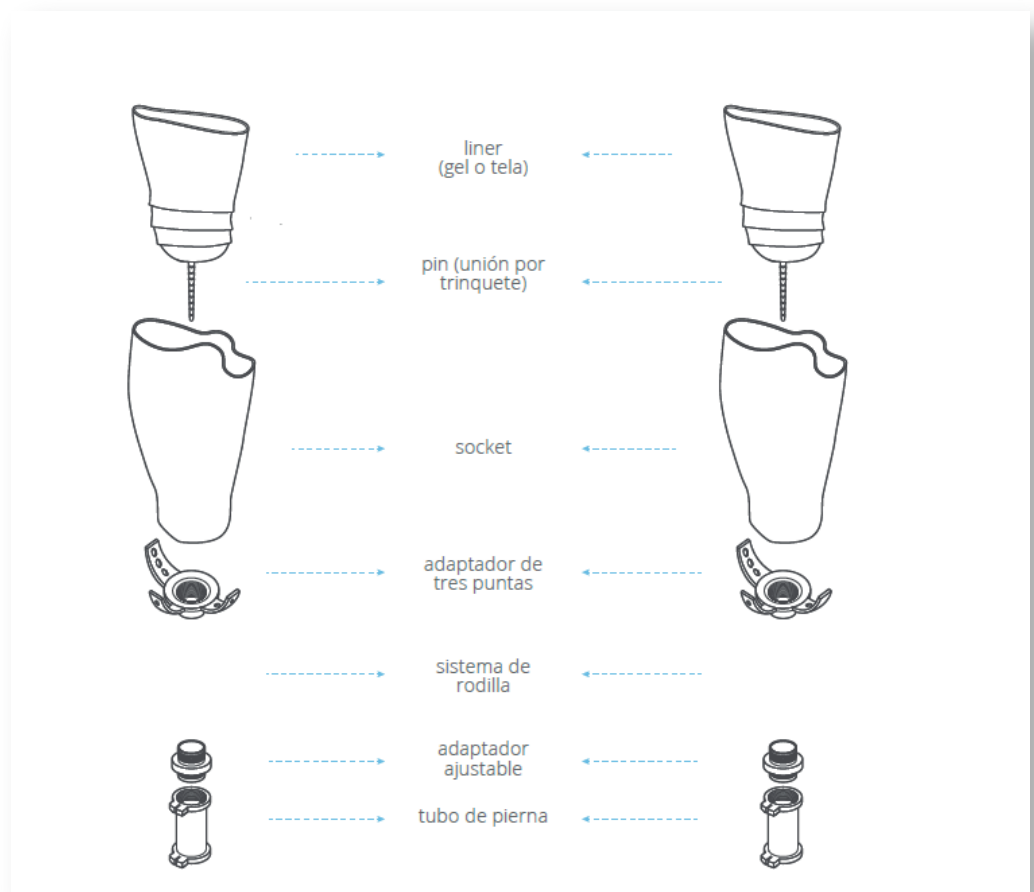


El taller comenzó elaborando prótesis convencionales, luego se optó por incorporar los modelos modular convencional y modular avanzado. Debido a que sus sistemas propician de mayor funcionalidad a la prótesis, mayor adaptación y mejor resistencia, a pesar de contar con más partes y componentes.

Los tipos de prótesis para amputaciones transfemural y transtibial, conllevan una mayor utilización de componentes y partes, debido a la complejidad de los sistemas utilizados. Los que se realiza el Taller Nacional en Costa Rica:

Figura 14. Componentes prótesis miembro inferior

(Araya, 2015)



Proceso de implementación de prótesis

Proceso que inicia desde la amputación del miembro, hasta la entrega o mantenimiento del dispositivo (amputación – saneamiento de herida – elaboración de la preforma – citas – elaboración de la prótesis y acabados – mantenimiento)

Productos hechos a la medida

Productos diseñados de acuerdo con las especificaciones y necesidades de cada cliente.

Políticas de manufactura

Es el plan de acción a largo plazo para la elaboración de productos y servicios de una empresa, las cuales aporta un mapa de lo que debe hacer la función de producción (Gaither, 2000).

Capacidad

Tasa de producción que puede obtenerse de un proceso, además se mide en unidades de salida por unidad de tiempo (Chase, R. & Aquilano, N. 1997), esta posee varios factores que determinan la capacidad de la empresa, estos son:

- Factores externos: reglamentos gubernamentales, capacidad de proveedores.
- Factores internos: diseño del producto o servicio, personal, distribución de la infraestructura, tecnologías, equipo y materiales utilizados.

Estructura del producto

Permite conocer las necesidades de cada componente, por medio de un esquema de la estructura del producto.

Productos mixtos

Producto sujeto a modificaciones especiales en el diseño, satisfaciendo las necesidades individuales, no obstante el diseño básico es estándar.

Dispositivo de movilidad

Aparato, mecanismo o producto, adquirido comercialmente, modificado o adaptado, que sea utilizado para aumentar, mantener o mejorar la capacidad funcional de las personas con discapacidad (OMS, 2011).

Entre algunos ejemplos de dispositivos de movilidad se encuentran: muletas, andadores, sillas de ruedas, ortesis, férulas y prótesis.

Manufactura aditiva (AM por sus siglas en ingles)

Describe a las tecnologías que construyen objetos 3D mediante la adición de capas de material (construcción del objeto físico), en los cuales es necesario un archivo 3D generado por un software de modelado, para que este sea interpretado y reproducido físicamente.

Estas manufacturas presentan variedad en los materiales que se pueden utilizar, los cuales van desde distintos tipos de polímeros o plásticos, cerámicas, y metales. Por lo que esta tecnología está en constante progreso y siendo más utilizada por industria para crear los productos finales.

Manufactura aditiva

Tecnologías 3D

Tecnologías que buscan mejorar la calidad de vida de los pacientes, disminuir tiempos y costos de los procesos de implementación, mediante tecnologías tanto de impresión 3D como de escaneo 3D (el uso de *software* especializados de CAD/CAM ayuda a la validación de productos o sistemas)

Impresión 3D

Proceso por el cual se hacen objetos sólidos tridimensionales a partir de un archivo digital, el cual es crea sucesivas capas (vistas como una sección transversal horizontal) del material.

Para la creación de estos objetos tridimensionales es necesario un diseño virtual realizado en un CAD (Computer Aided Design), usando programas de modelado 3D.

Principios de la impresión 3D:

- 1.** La complejidad de fabricación no eleva el coste: en la impresora 3D una forma compleja no supone un coste añadido, ya que no requiere de más tiempo o habilidad.
- 2.** La variedad sale gratis: las impresoras 3D permiten fabricar una forma de diferentes maneras cada vez, lo único que necesita es el diseño digital (distinto en cada caso) y la materia prima.
- 3.** No hace falta ensamble: permite crear objetos completos (distintas partes ya ensambladas) al mismo tiempo, acortando cadenas de suministro, disminuyendo costes y mano de obra.

4. Elaboración bajo demanda: permite la creación de objetos especializados o personalizados, dando un “tiempo de fabricación cero”.
5. Espacio de diseño ilimitado: la capacidad de crear formas se encuentra limitada por las tecnologías que se emplean, por lo que las impresoras 3D rompe este límite por su flexibilidad en la creación de forma.
6. No hace falta experiencia: las impresoras 3D no requieren de operadores especializados, abriendo la puerta a nuevos modelos de negocio o sistemas de producción (siendo recomendable una capacitación para un mejor aprovechamiento).
7. Fabricación compacta y portátil: estas tecnologías poseen una alta capacidad de fabricación, debido a su flexibilidad en la producción (ejemplo: variedad de tamaños), teniendo así una alta capacidad de producción por metro cuadrado.
8. Se generan menos residuos: debido a sus progresos y el aprovechamiento del material (poco residuo) este proceso puede llegar a considerarse más ecológico que los métodos de producción.
9. Infinitas variedades de material: con los avances que está presentando estas tecnologías, la impresión multi-material en 3D, será más sencilla de fusionar y/o mezclar materiales, proporcionando una nueva palea de materiales por explorar.
10. Reducción física precisa: la digitalización y la impresión 3D darán lugar a una mejor precisión, permitiendo escanear, editar y duplicar objetos físicos para crear réplicas exactas a las originales.

Escáner 3D

Tecnologías utilizadas para generar modelos 3D, como estructuras o exploraciones volumétricas, las cuales permiten la visualización, modificación y manufactura de estos a partir de programas de CAD/CAM. Actualmente permite la valoración de pacientes, tomando mediciones antropométricas, biomecánicas o partes volumétricas del cuerpo.

Vóxel

Unidad cubica que compone y representación los objetos volumétricos tridimensionales (análogamente a los pixeles en 2D).

Concepto

Introducción

Una vez realizados los análisis se facilita una visualización más clara del proyecto de investigación y de cómo sus principales sistemas o aportes se ven relacionados entre sí, dando a notar el peso que posee la implementación y la accesibilidad en prótesis. Sumado a esto se emplea la técnica de las WWWWW's (*what, when, who, where, why, how*) para aclarar aspectos de importancia que ayudan a la construcción del concepto de diseño (oferta de valor).

Concepto

WWWWW's



¿Para quién?

Técnicos en orto-prótesis, así como pacientes amputados de miembro inferior en el país.



¿Qué?

Un plan estratégico de producto que facilite la implementación de prótesis de miembro inferior, a través del diseño de componentes hechos a la medida mediante tecnologías 3D.



¿Dónde?

En la fabricación de prótesis en el contexto nacional



¿Cuándo?

Partiendo del inicio del 2017 al 2021



¿Por qué?

Ya que actualmente se dificulta la implementación de prótesis de miembro inferior en pacientes amputados, afectando la accesibilidad debido a la creciente demanda nacional.



¿Cómo?

Estableciendo una estructura organizacional para la integración de tecnologías 3D en la fabricación mixta (componentes hechos a la medida – componentes estándar).

Un sistema de productos diseñados para la fácil y rápida adaptación a la anatomía del paciente (hechos a la medida) que pueden llegar a ser fabricados con tecnologías 3D.

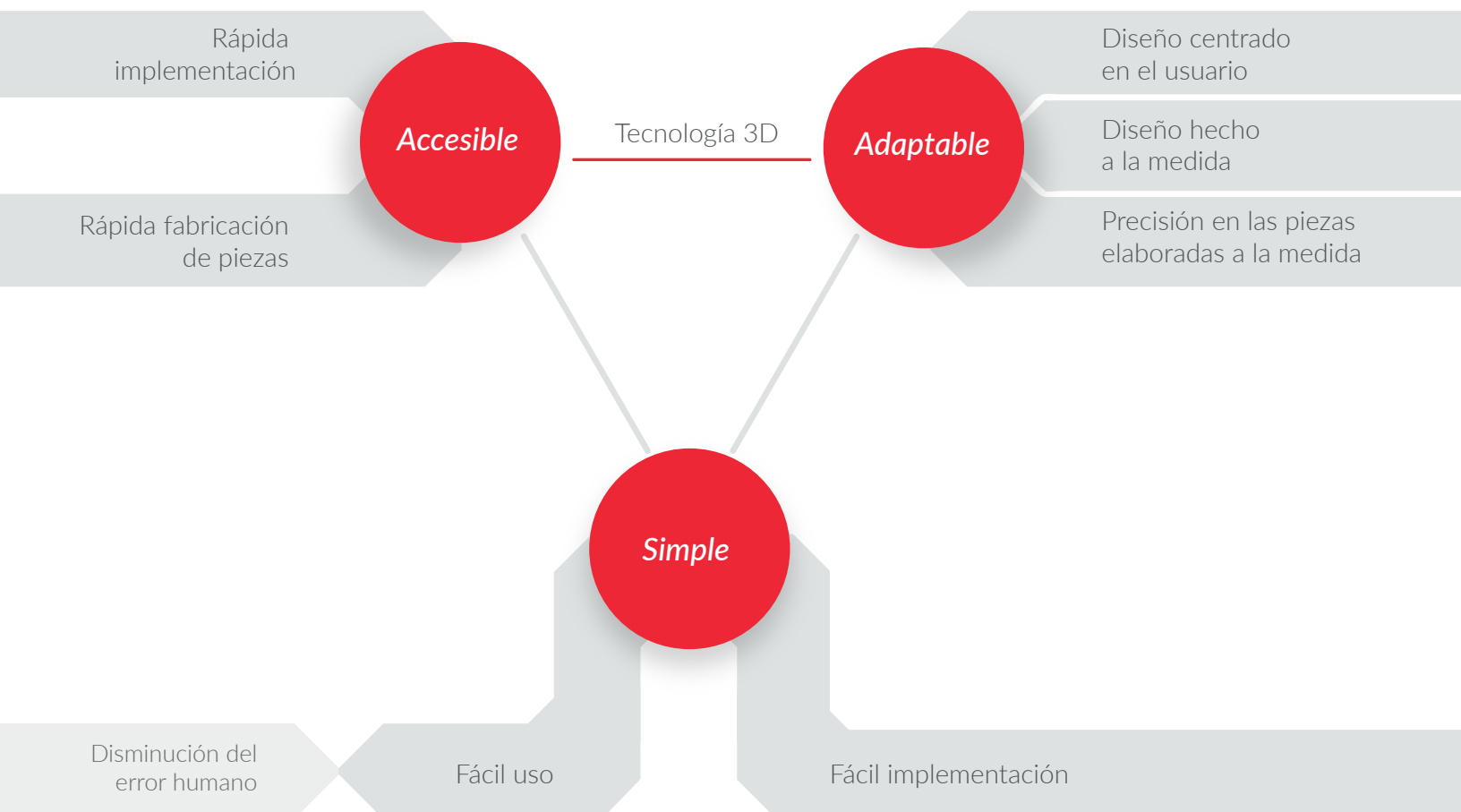
Definiendo especificaciones técnicas de los productos, que mejoren o faciliten la implementación de prótesis de manufactura aditiva de miembro inferior.

Concepto

Oferta de valor

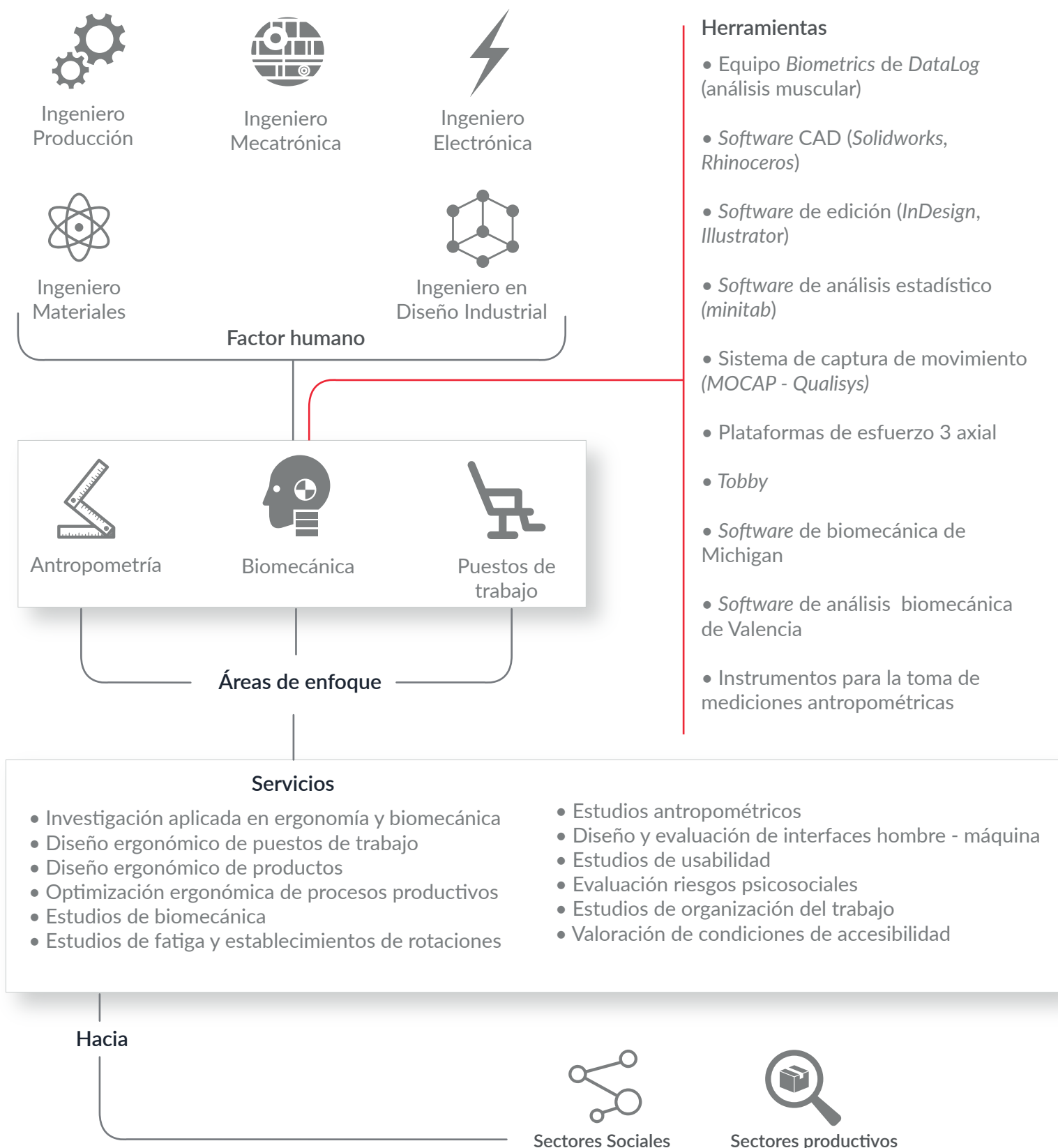
Figura 15. Concepto

(Elaboración propia)



Disponibilidad técnica

Oferta de servicios de Ergotec



Disponibilidad técnica

Tipo de tecnología seleccionada



El proyecto principal de que se elabora en el laboratorio de ergonomía (Ergotec) seleccionó la tecnología que se utilizara para la elaboración de los componentes impresos en 3D en las fases de prototipos y pruebas de material. Se realizó el pedido de la Impresora 3D Mark Two debido a:

- Impresión de alta resolución: la tecnología alcanza un material con mayor rigidez y durabilidad debido a un reforzamiento en las fibras compuesta cuando esta se imprimen en 3D.
- Gama de materiales: permite impresión tanto en nylon (material tradicional) como en materiales poco comunes como fibra de carbono, fibra de vidrio y kevlar.
- Software especializado: incluye el software especializado para el uso de la tecnología (permite realizar las capas en la impresión, orientación de la impresión y el infill).
- Impresión en dos materiales: posee dos cabezales de impresión (uno construye piezas de nylon, mientras que el otro refuerza las partes con una fibra continua.
- Diseño de precisión: posee una precisión de 10 micras.

Propiedades de impresión

Tecnología de impresión	Fused Filament Fabrication (FFF) Composite Filament Fabrication (CFF)
Tamaño de impresión	320mm x 132mm x 154mm (X, Y, Z)
Materiales	Carbon Fiber, Fiberglass, Kevlar®, Nylon
Máxima resolución de layer	FFF Printing: 100 Micrones
Extrusores	Dual de cambio rápido
Pause	Incluido

Propiedades mecánicas

Dimensiones	575mm L X 322mm W X 360mm H 22.6" L X 12.7" W X 14.2" H
Chasis	Un solo cuerpo de aluminio anodizado
Estructura de plataforma:	cinemáticamente acoplado

Disponibilidad técnica

Líneas de productos

Líneas de productos



Prótesis

Prótesis de bajo costo para la fabricación a partir de tecnologías 3D, para la disminución de los tiempos de implementación de prótesis.



Estaciones de trabajo

Línea de productos enfocados en los técnicos encargados de la construcción y colocación de prótesis a pacientes amputados, así como a la rápida fabricación de sus distintos componentes hechos a la medida.



Proyectos de investigación

Productos que se desarrollaran a partir de proyectos de investigación dentro de la unidad de Ergotec, enfocados en al mejoramiento de la calidad de vida del sector social. Para la adaptación de la manufactura aditiva a la fabricación de productos centrados en las necesidades específicas de cada uno de los usuario.

Disponibilidad técnica

Infográfico de servicios y productos



Equipo multidisciplinario

Plan estratégico de producto

enfoca en

- Diseño ergonómico de puestos de trabajo
- Estudios de fatiga
- Condiciones de accesibilidad
- Diseño ergonómico de productos
- Interfaces hombre - máquina



Productos y Servicios

Prótesis



- | | |
|--|---|
| ○ Prótesis transtibiales de pie articulado | -mejora en la marcha
-disminución de costos
-disminución de tiempo de espera |
| ○ Prótesis transtibiales de pie fijo | -mejora en la estabilidad
-disminución de costos
-disminución de tiempo de espera |

Productos de investigación



- | | |
|--|---|
| ○ Escáner de mapeo por presión | -mejora de puestos de trabajo
-disminución del error humano
-implementación del diseño centrado en el usuario |
| ○ Socket ajustable | -mejora en la estabilidad y comodidad del paciente en la marcha.
-implementación del diseño centrado en el usuario |
| ○ Prótesis transtibiales para prácticas deportivas | -variedad
-disminución de costos
-disminución de tiempo de espera |

Estaciones de trabajo



- | | |
|---------------------------------|--|
| ○ Equipo portátil | -mejora a la atención al usuario de prótesis
-facilita accesibilidad
-servicio de implementación portátil de prótesis |
| ○ Estación de trabajo de moldes | -mejora puesto de trabajo del técnico
-facilita procesos de implementación de socket |
| ○ Estación de trabajo | -mejora a la atención al usuario de prótesis
-mejora al puesto del técnico
-facilita el servicio de implementación de prótesis |

Producto opcional



- | | |
|------------------------------|--|
| ○ Cámara de luz ultravioleta | -mejorar la calidad del producto
-facilita procesos de curado en las piezas |
|------------------------------|--|

Escenarios de necesidades

Introducción

Se utiliza el método de escenarios, el cual permite ser una herramienta que describe una o varias situaciones (presentes o futuras), con la que se logra visualizar de manera más clara las necesidades que poseen ambos usuarios (usuario de prótesis, y técnico), logrando así un análisis más gráfico del problema expuesto, y obtener variables claves de las distintas situaciones, facilitando la orientación de las decisiones estratégicas tomadas.

En estos escenarios se plantean los siguientes situaciones:

- Usuario de prótesis que viven dentro del Gran Área Metropolitana (GAM)
- Usuario de prótesis que viven en zonas lejanas al Valle Central (Zonas rurales)
- Usuario de prótesis, que realiza actividad física (atletismo)
- Usuario de prótesis con sensibilidad en el muñón
- Usuario que elabora la prótesis

Escenarios de necesidades

Usuario de prótesis dentro del área metropolitana

Usuario de prótesis que viven dentro del Gran Área Metropolitana (GAM)

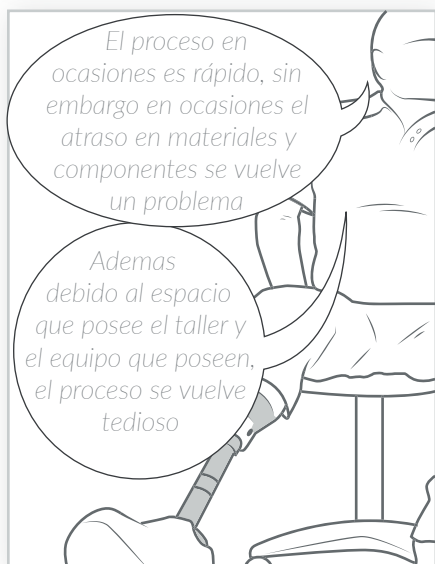
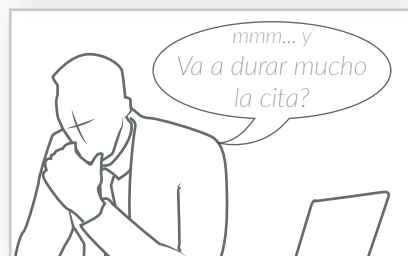
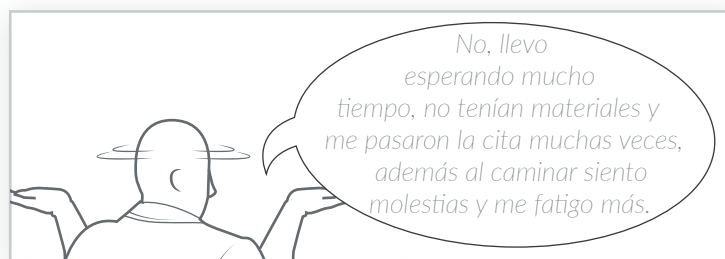
Perfil

Nombre: Esteban Loaiza

Edad: 31 años

Profesión: Ing. en computación

Residencia: Dentro del área metropolitana (GAM)



Escenarios de necesidades

Usuario de prótesis dentro en zonas rurales

Usuario de prótesis que viven en zonas lejanas al Valle Central (Zonas rurales)

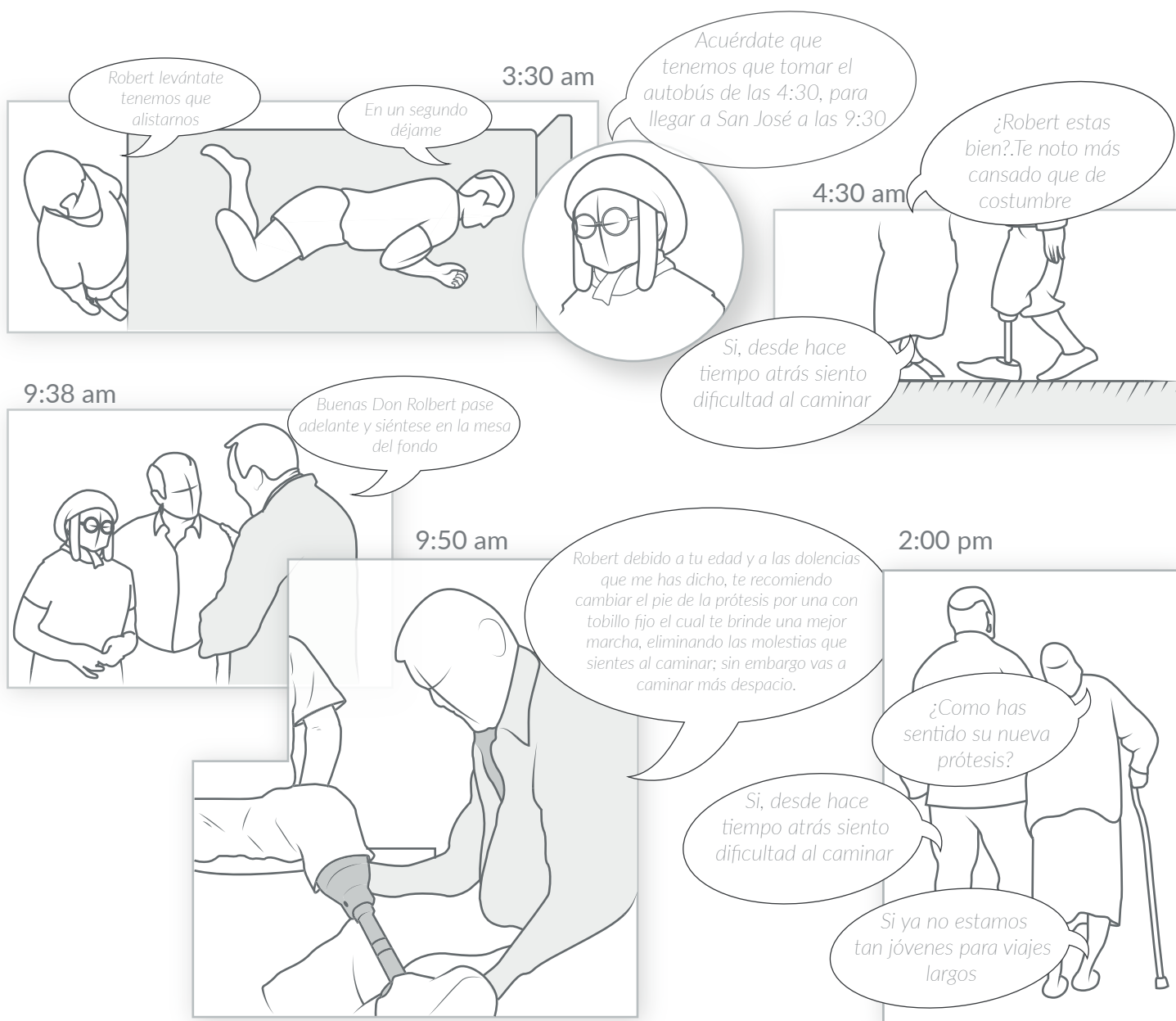
Perfil

Nombre: Robert Córdoba

Edad: 78 años

Profesión: Profesor pensionado

Residencia: Zambos Mísquitos (Limón)



Escenarios de necesidades

Usuario de prótesis con alta actividad física

Usuario de prótesis, que realiza actividad física (atletismo)

Perfil

Nombre: Elena Gómez

Edad: 19 años

Profesión: Estudiante (universidad)

Practica deportes como el atletismo



Escenarios de necesidades

Usuario de prótesis con sensibilidad en el muñón

Usuario de prótesis con sensibilidad en el muñón

Perfil

Nombre: Michelle Alpizar

Edad: 8 años

Profesión: Estudiante (escuela)



Escenarios de necesidades

Técnico en prótesis

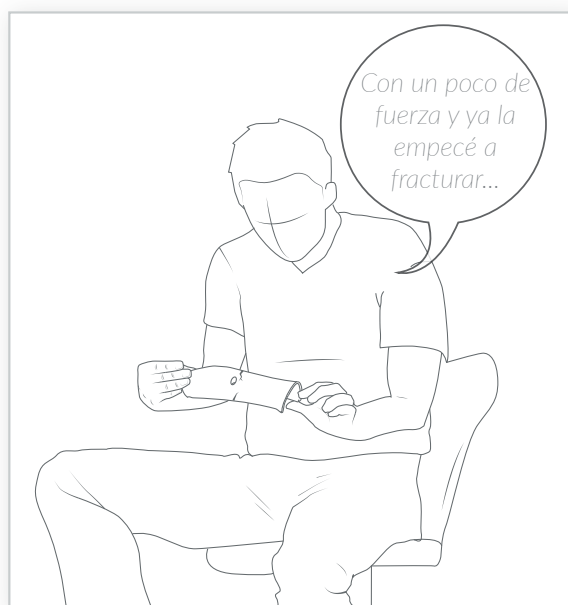
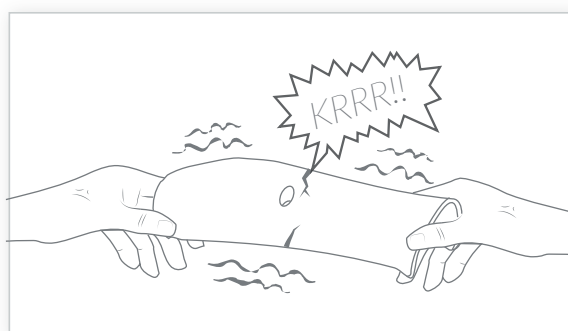
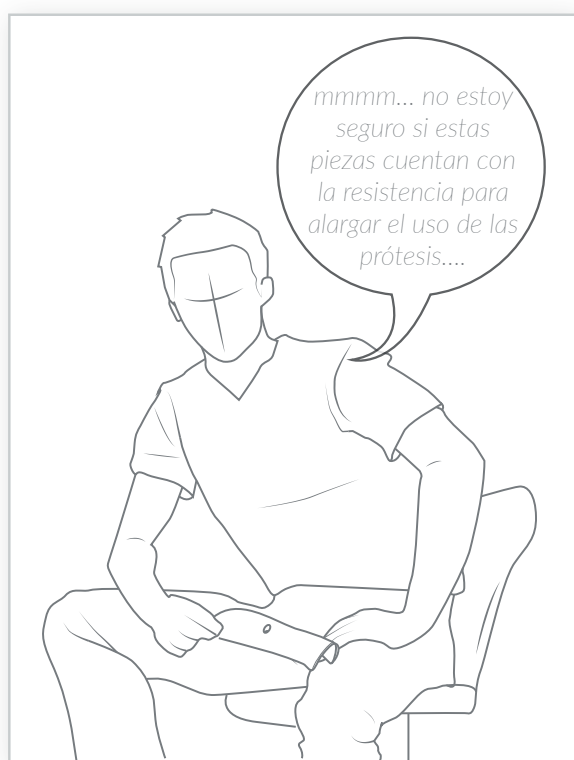
Usuario que elabora la prótesis

Perfil

Nombre: Oscar Granados

Edad: 30 años

Profesión: Técnico de Prótesis



Escenarios de necesidades

Conclusión

Una vez utilizada la metodología de escenarios pueden llegarse a concluir las siguientes necesidades.



Briefings de los Productos

Introducción

Una vez planteados los distintos escenarios de los usuarios, y encontrar los puntos claves o necesidades de estos, se procede a la elaboración de los briefings de productos, en los cuales se proponen los productos y servicios que van a llegar a solucionar los problemas expuestos, además estos poseen los requerimientos mínimos de diseño, los cuales proporciona información básica que facilita la orientación de estos para que se adecuen al plan estratégico.

Prótesis transtibiales de pie articulado

Pie articulado

Carcasa emocional



Prótesis



Descripción

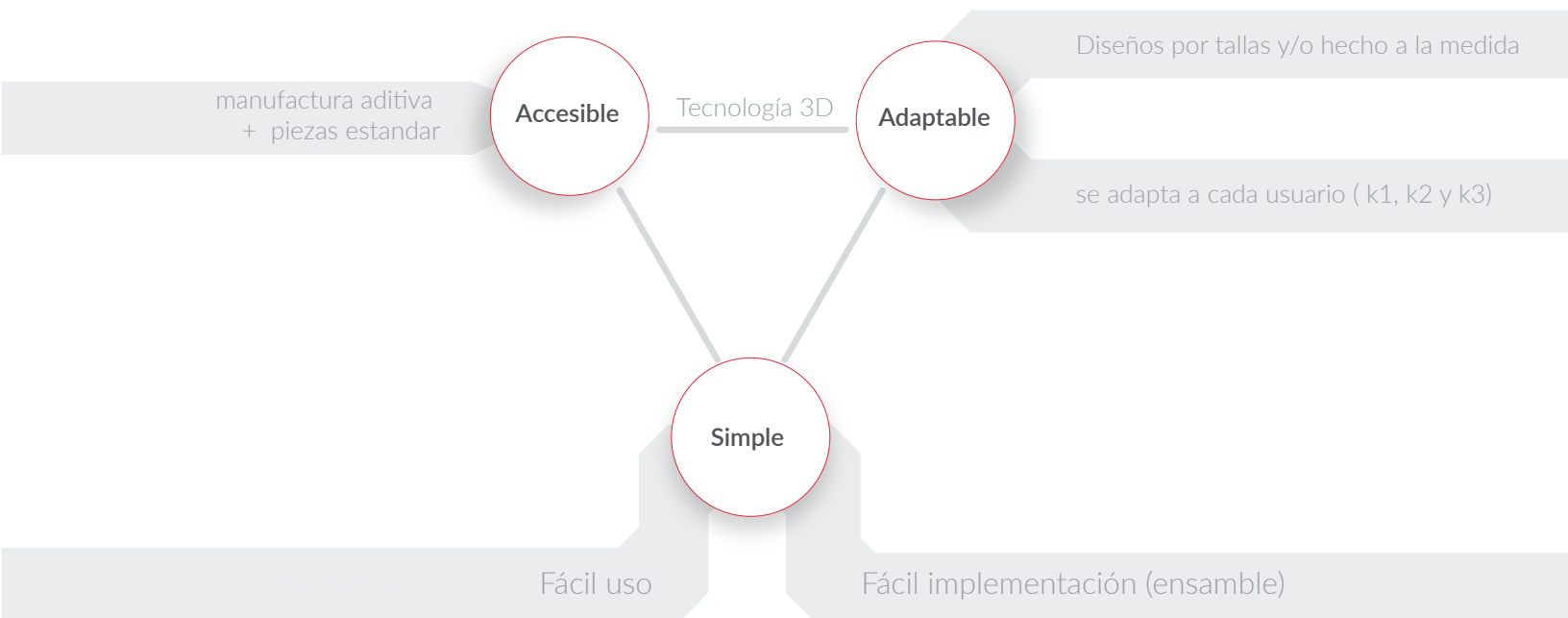
Diseño de prótesis de miembro inferior (transtibial), por medio de componentes estándar y manufacturados por procesos aditivos (pie y carcasa), que faciliten y mejoren el la marcha por medio de articulaciones que permitan un mayor fluidez del movimiento

Usuario



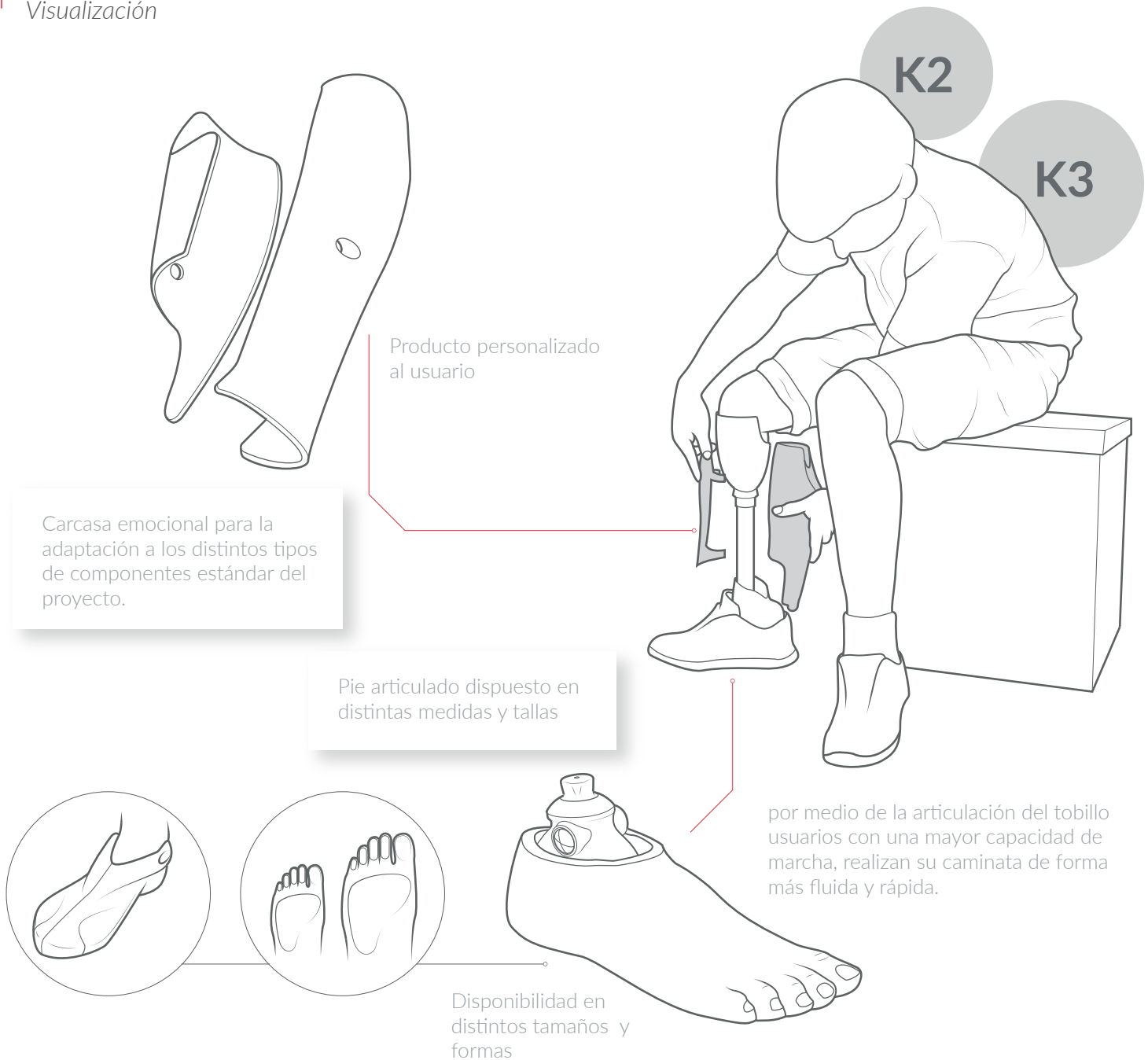
Pacientes amputados

Ejes del proyecto



Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie articulado.
Visualización



Las prótesis de tobillo articulado ayudan a los pacientes amputados con una alta movilidad de los músculos del muñón, a realizar una caminata más natural y veloz; a la vez que la carcasa simula el contorno de la pierna dando valor emocional al producto. La elaboración de prótesis como estas con tecnologías de manufactura aditiva a través de lotes de producción en serie, aumentaría el accesibilidad y la adaptabilidad de este tipo de producto a los usuarios.

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie articulado.
Requerimientos

Pie Articulado - Requerimientos de diseño

Función

<i>Estabilidad en la marcha</i>	El usuario posee una mayor fluidez en la marcha, así como una mayor estabilidad en sus movimientos.
<i>Estabilidad del cuerpo en reposo</i>	Mejor estabilidad para el usuario en reposo (de pie).
<i>Fluidez al caminar</i>	Facilita la marcha para que se posea una mejor fluidez en el movimiento

Dimensiones

<i>Diseño en distintas tallas</i>	Elaboración del producto en distintas tallas: 22cm 23cm, 24cm, 25cm, 26cm, 27cm, 28cm, 29cm (según productos semejantes en el mercado).
<i>2 tipos de pie</i>	Pie izquierdo y pie derecho
<i>Peso liviano</i>	Aproximadamente un peso de entre los 300 g y los 650 g. (Según productos semejantes en el mercado).

Movimiento

<i>Equilibrio lateral</i>	Mantiene el equilibrio lateral del paciente al ejecutar la marcha
<i>Punto flexión elástica al caminar</i>	Permite la extensión de la parte superior del pie, simulando la extensión realizada por los dedos al estar en marcha
<i>Articulación del tobillo</i>	Permite la flexión plantar 30° y la flexión dorsal 20°, al momento de la marcha

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie articulado.
Requerimientos

Fuerzas

Soporta el peso del usuario

Soporta la fuerza del peso del usuario, hasta los 150 kg. (Según productos semejantes en el mercado).

Materiales

Manufactura aditiva

El material está disponible para la utilización en procesos de impresión 3D

Fabricación y montaje

*Producción en lotes en serie/
Hecho a la medida*

Para modelos de producción por lotes personalizados (productos fabricados en lotes por tallas) o de productos hechos a la medida (productos diseñados para condiciones específicas de cada paciente).

Adaptación a componentes estándar del mercado

Se adapta a los tamaños, formas y sistemas de unión de los componentes estándar del proyecto.

Seguridad y ergonomía

Marcha segura en el usuario

Aporta seguridad al usuario al realizar la marcha

Valor emocional, 2 tipos: forma humana, diseño emocional

Posee dos modelos:
Forma humana= el producto se asemeja al pie humano, influyendo al valor emocional del paciente.
Diseño emocional = el producto posee atractivo visual

Impacto ambiental

• *Material reciclable*

Permite la reciclabilidad del producto

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie articulado.
Requerimientos

Carcasa emocional - Requerimientos de diseño

Función

*Soporte para prendas
de vestir*

Seguridad al momento de utilizar prendas de vestir (calcetas)

*Protección y soporte
estructural a componentes
internos de la prótesis*

Protege componente internos del producto

*Aspecto perceptual de la
pierna (diseño emocional)*

Simula la forma anatómica de la pierna

Dimensiones

*Adaptable a distintos
tamaños*

Adaptable a distintos tamaños de pierna.

*semejante a una forma
cilíndrica*

Semejante a la anatomía de la pierna

Movimiento

*Fijación a la estructura
de la prótesis*

Fijación a los componentes de la prótesis

Materiales

Materiales reciclables

Permite la reciclabilidad del producto

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie articulado.

Requerimientos

Fabricación y montaje

Manufactura aditiva

El material está disponible para la utilización en procesos de impresión 3D

Ensamble simple

Fácil colocación a la prótesis

Producción en lotes

en serie/

Hecho a la medida

Para modelos de producción por lotes personalizados (productos fabricados en lotes por tallas) o de productos hechos a la medida (productos diseñados para condiciones específicas de cada paciente).

Adaptación a componentes estándar

Se adapta a los tamaños, formas y sistemas de unión de los componentes estándar del proyecto.

Briefings de los Productos

Prótesis transtibiales de pie fijo

Prótesis transtibiales de pie fijo

Pie fijo

Carcasa emocional



Prótesis



Descripción

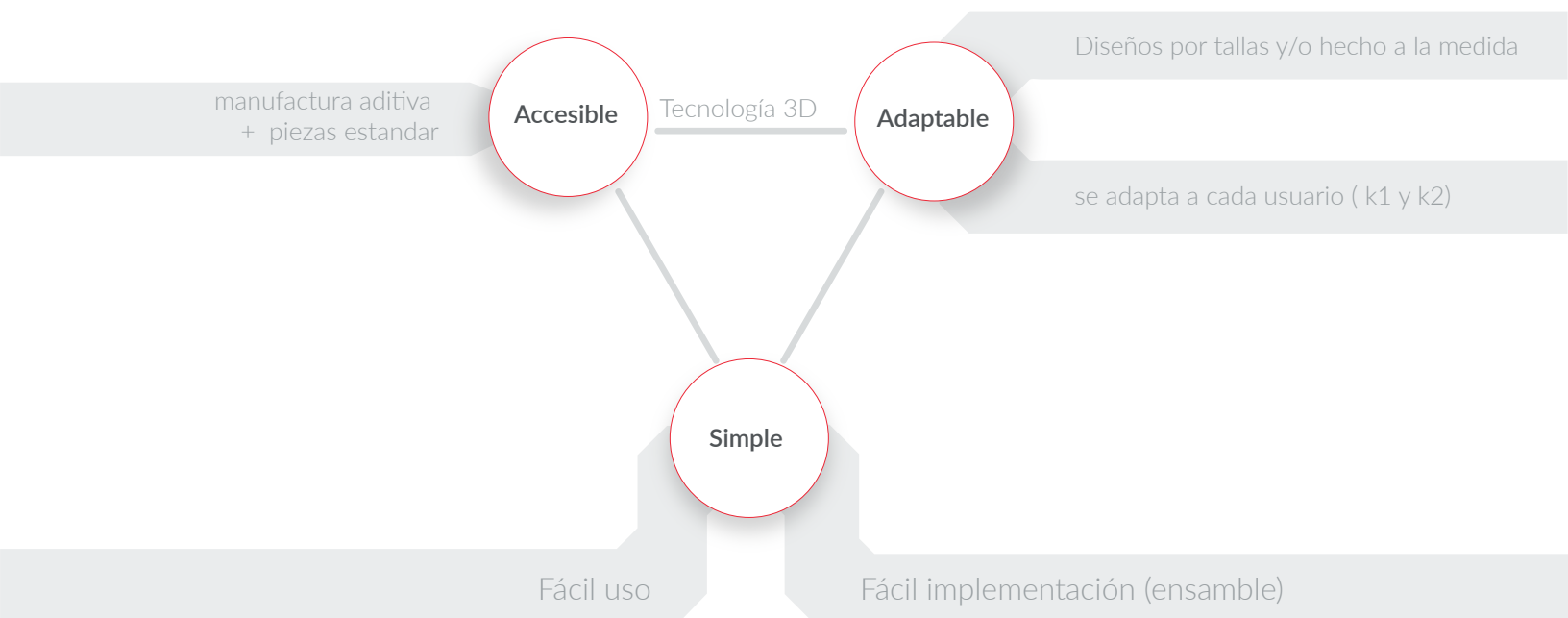
Diseño de prótesis de miembro inferior (transtibial), por medio de componentes estándar y manufacturados por procesos aditivos (pie y carcasa), que faciliten una marcha más estable a los usuarios, por medio de un pie fijo (sin articulación).

Usuario



Pacientes amputados

Ejes del proyecto



Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie fijo.
Visualización

K1

K2

Producto personalizado
al usuario

Carcasa emocional para la
adaptación a los distintos tipos
de componentes estándar del
proyecto.

Pie fijo dispuesto en distintas
medidas y tallas

Disponibilidad en distintos tamaños y formas

En ocasiones usuarios con una baja capacidad de movilidad de los músculos de la pierna, tienden a caerse o sentir molestias al utilizar prótesis articuladas. Por esta razón las prótesis de pie fijo pueden brindar soporte y seguridad al usuario, haciendo la marcha más lenta pero más firme y sencilla.

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie fijo.
Requerimientos

Pie fijo - Requerimientos de diseño

Función

<i>Estabilidad en la marcha</i>	Disminución de movimientos por parte de la prótesis para una marcha más estable y fija, a usuarios que se les dificulta el control de componentes articulados
<i>Estabilidad del cuerpo en reposo</i>	Disminución de movimientos por parte de la prótesis para una mejor estabilidad para el usuario estático o en reposo (de pie).

Dimensiones

<i>Diseño en distintas tallas</i>	Elaboración del producto en distintas tallas (22cm 23cm, 24cm, 25cm, 26cm, 27cm, 28cm, 29cm). (Según productos semejantes en el mercado)
<i>2 tipos de pie</i>	Pie izquierdo y pie derecho
<i>Peso liviano</i>	Aproximadamente peso del producto entre los 300 g y los 650 g. (Según productos semejantes en el mercado)

Movimiento

<i>Equilibrio lateral</i>	Mantiene el equilibrio lateral del paciente al ejecutar la marcha
<i>Punto flexión elástica al caminar</i>	Permite la extensión de la parte superior del pie, simulando la extensión realizada por los dedos al estar en marcha
<i>Articulación del tobillo nula</i>	Elimina el movimiento en la zona del tobillo

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie fijo.
Requerimientos

Fuerzas

Soporta el peso del usuario

Soporta la fuerza del peso del usuario, hasta los 150 kg, aproximadamente. (Según productos semejantes en el mercado)

Materiales

Manufactura aditiva

El material está disponible para la utilización en procesos de impresión 3D

Fabricación y montaje

*Producción en lotes en serie/
Hecho a la medida*

Para modelos de producción por lotes personalizados (productos fabricados en lotes por tallas) o de productos hechos a la medida (productos diseñados para condiciones específicas de cada paciente).

Adaptación a componentes estándar del mercado

Se adapta a los tamaños, formas y sistemas de unión de los componentes estándar del proyecto.

Seguridad y ergonomía

Marcha segura en el usuario

Aporta seguridad al usuario al realizar la marcha

Valor emocional, 2 tipos: forma humana, diseño emocional

Posee dos modelos:
Forma humana= el producto se asemeja al pie humano, fluyendo al valor emocional para el paciente.
Diseño emocional = el producto posee atractivo visual

Impacto ambiental

• *Material reciclable*

Permite la reciclabilidad del producto

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie fijo.
Requerimientos

Carcasa emocional - Requerimientos de diseño

Función

Soporte para prendas de vestir

Seguridad al momento de utiliza prendas de vestir (calcetas)

Protección y soporte estructural a componentes internos de la prótesis

Protege componentes internos del producto

Aspecto perceptual de la pierna (diseño emocional)

Simula la forma anatómica de la pierna

Dimensiones

Adaptable a distintos tamaños

Adaptable a distintos tamaños de pierna.

semejante a una forma cilíndrica

Semejante a la anatomía de la pierna

Movimiento

Fijación a la estructura de la prótesis

Fijación a los componentes de la prótesis

Materiales

Materiales reciclables

Permite la reciclabilidad del producto

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales de pie fijo.
Requerimientos

Fabricación y montaje

Manufactura aditiva

El material está disponible para la utilización en procesos de impresión 3D

Ensamble simple

Fácil colocación a la prótesis

Adaptación a componentes estándar

Se adapta a los tamaños, formas y sistemas de unión de los componentes estándar del proyecto.

Producción en lotes en serie/ Hecho a la medida

Para modelos de producción por lotes personalizados (productos fabricados en lotes por tallas) o de productos hechos a la medida (productos diseñados para condiciones específicas de cada paciente).

Estación de trabajo

Descripción

Diseño de una estación de trabajo que estandarice y facilite la ubicación de pacientes, así como el proceso de implementación de una prótesis por parte del técnico a la zona a tratar, ya sea por métodos de escaneo 3d (casos donde el usuario no tolera contacto con la zona) o métodos MSS



Estaciones de trabajo



Usuario



Pacientes amputados



Técnico

Ejes del proyecto

Fácil acceso a las herramientas necesarias para la implementación

Accesible

Tecnología 3D

Adaptable

Adaptable a usuarios

Facilita el uso de distintos procesos de fabricación del socket

Simple

Fácil ubicación al paciente

Fácil mantenimiento (modularidad)

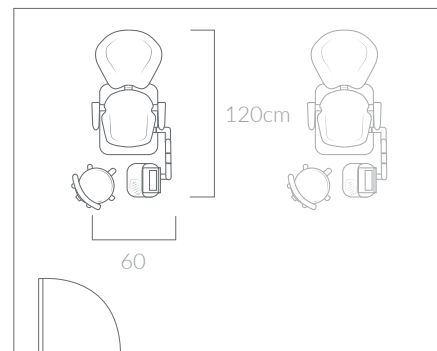
Briefings de los Productos

Estación de trabajo.

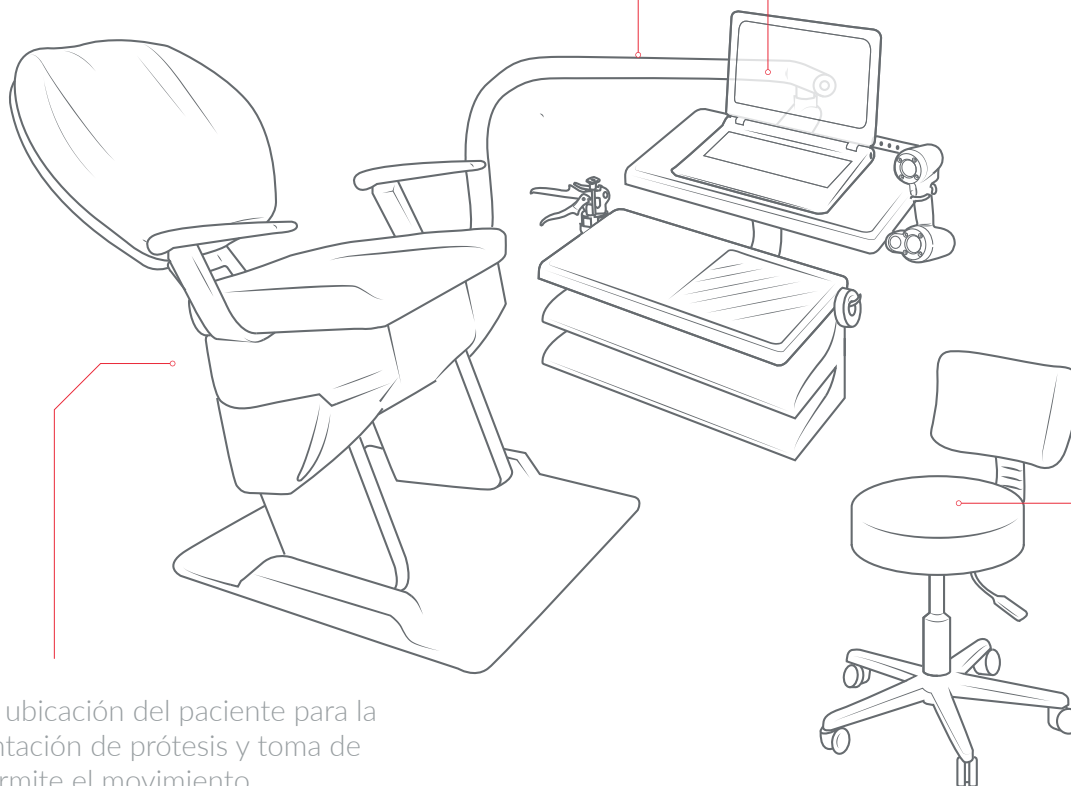
Visualización

Computador y scanner 3D (facilita la toma de datos del paciente)

Facilita el acceso de las herramientas necesarias para la implementación de prótesis



Permite la distribución de distintas estaciones, mejorando la eficiencia en la atención de usuario con prótesis



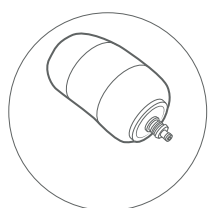
Facilita la ubicación del paciente para la implementación de prótesis y toma de datos (permite el movimiento independiente de ambas piernas)

Ubicación del técnico, con accesibilidad a herramientas y componentes

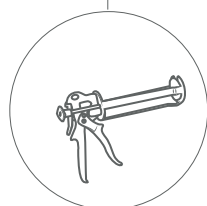
Briefings de los Productos

Estación de trabajo.
Visualización

Herramientas y materias primas
para la elaboración de socket
mediante el método MSS.



Bomba de presión



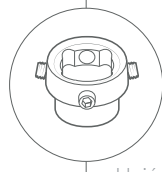
Pistola de resina



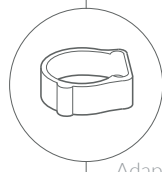
Pie prótesis



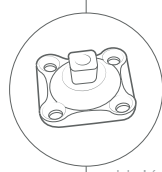
Seguro de unión



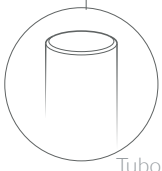
Unión de 4 puntos



Adaptador ajustable



Unión para el socket



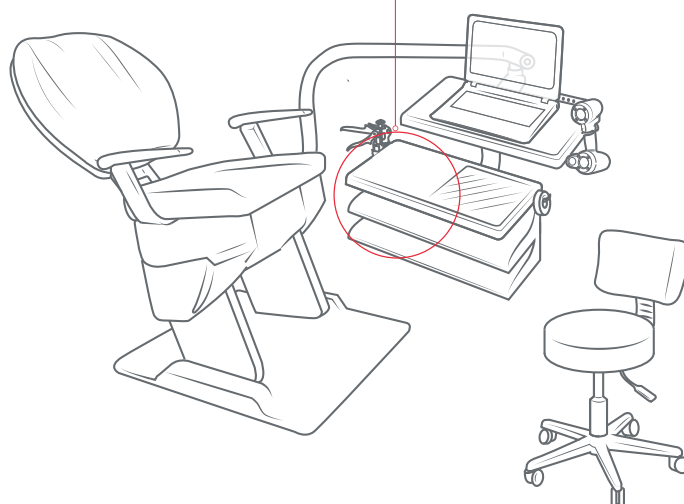
Tubo de pierna

Facilita la distribución de las
herramientas necesarias para la
implementación de prótesis

1. distribución y acceso a herramientas
básicas (tijeras, limas,cintas, pegamento)
y área de trabajo

2. distribución y acceso a herramientas
complejas (mangueras, válvula de
presión)

3. componentes de prótesis



La estación facilita la implementación de
prótesis ya sea por procesos típicos (como el
MSS) y por procesos con tecnología 3D; ya que
el usuario se ubica de manera fácil y cómoda en
la estación, en donde el técnico tiene un acceso
más rápido a las herramientas y componentes,
además posee la tecnología de escáner 3D ya
sea para personas que desean prótesis con una
mayor personalización, o poseen molestias en el
área afectada (en la cual, se escanea la zona, sin
ningún tipo de contacto)

Briefings de los Productos

Estación de trabajo.
Requerimientos

Estación de trabajo - Requerimientos de diseño

Función

Estandarización en la posición

Estandarización en la posición adecuada para toma de datos (posición de relajación)

Escaneo 3D

Facilita la implementación de tecnologías, que permitan o faciliten el escaneo del muñón o zona afectada

Capacidad para un paciente y un técnico

Mejora en la interacción paciente - técnico

Dimensiones

Disposición de herramientas

Disposición de elementos para la fácil manipulación de las herramientas para el escaneo y la fabricación del socket (MSS)

Sistemas

- Sistema de soporte para el equipo y la toma de datos en 3D (computadora, escáner)
- Sistema de soporte para la colocación del equipo MSS
- Sistema de soporte para la fácil utilización del inyector de resina

Dimensiones

120x60x120. (Según productos semejantes en el mercado)

Movimiento

Estación fija

Estacion fija que asegura la estabilidad del paciente y del producto

Movimiento independiente de piernas

Permite el movimiento independiente de ambas piernas dependiendo de la zona donde se vaya a realizar el procedimiento

Briefings de los Productos

Estación de trabajo.
Requerimientos

Fuerzas

*Soporta el peso del
paciente*

Soporta la fuerza del peso del usuario, hasta los 150 kg.

Energía

*Conectable a fuentes
de corriente*

Necesidad de corriente (110V o 220V) para la utilización de sistemas electrónicos tales como computadoras o escáneres 3D

Materiales

Comodidad

Formas acolchadas para mejorar comodidad del paciente

Resistente

Estructura resistente (aluminio 2024)

Señales y control

Señalamiento

Señalamiento para la utilización de herramientas

Indicaciones

Indicaciones para el uso del equipo

Ciclo de Vida y mantenimiento

Fácil mantenimiento

Modularidad para la reparación y mantenimiento del puesto de trabajo

Briefings de los Productos

Estación de trabajo.

Requerimientos

Seguridad y ergonomía

*seguridad y comodidad
(paciente)*

Ubicación segura y cómoda del paciente en la silla de trabajo para la realización de toma de datos

*posición de relajación
(paciente)*

Posición de relajación en el muñón, para toma de datos y realización de sockets

Comodidad (técnico)

Comodidad del técnico al ejecutar distintas tareas en el producto (toma de medidas, escaneo, etc)

Briefings de los Productos

Estación portátil de trabajo

Equipo portátil

Descripción

Diseño para facilitar el transporte de herramientas ya sea para la realización de sockets por MSS, toma de medidas en casos de escaneo 3D y ensamble de prótesis.



Estaciones de trabajo



Usuario



Pacientes amputados



Técnico

Ejes del proyecto

Fácil acceso a las herramientas necesarias para la implementación

Accesible

Tecnología 3D

Adaptable

Adaptable a usuarios

Facilita el uso de distintos procesos de fabricación del socket

Simple

Fácil ubicación al paciente

Fácil mantenimiento (modularidad)

Briefings de los Productos

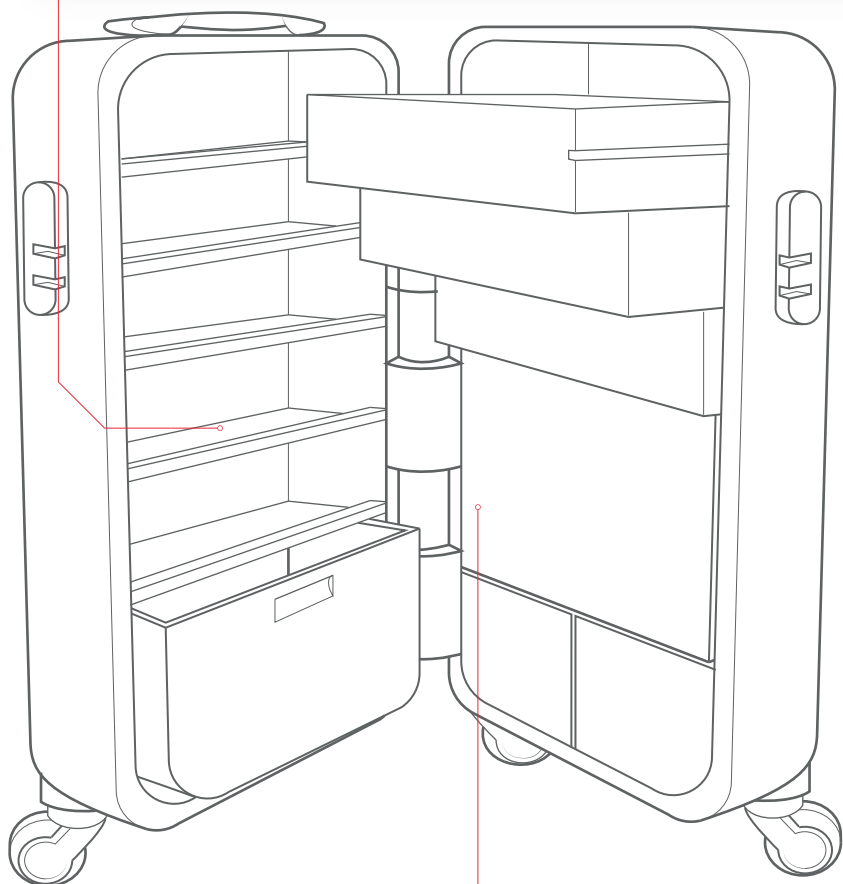
Estación portátil de trabajo
Visualización

Facilita la distribución de las herramientas necesarias para la implementación de prótesis

1. Distribución y acceso a herramientas básicas (tijeras, limas,cintas, pegamento) y área de trabajo

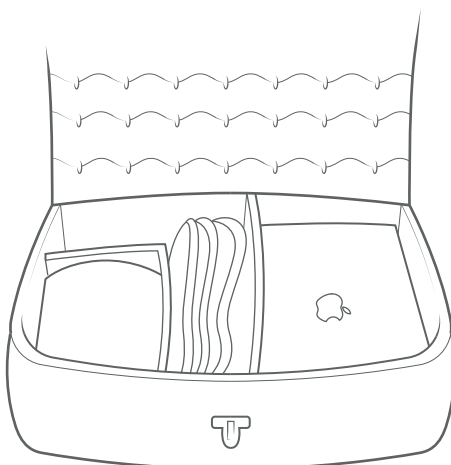
2. Distribución y acceso a herramientas complejas (mangueras, válvula de presión)

3. Componentes de prótesis

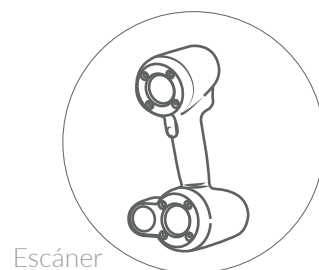


Componentes estándar y de fácil adquisición para su mantenimiento y reparación

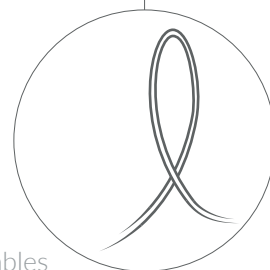
compartimiento extraíble para el almacenamiento y transporte del equipo para el escaneo digital del muñón



Equipo para el escaneo digital del muñón



Escáner



Cables



Briefings de los Productos

Estación portátil de trabajo
Visualización



La estación portátil de trabajo facilita el acceso a prótesis a usuarios que habitan fuera del Gran Área Metropolitana, y se les dificulta el transporte, además de ayudar en la implementación de prótesis tanto en la toma de datos, como en el transporte de componentes y herramientas necesarias para realizar los procesos de implementación

Briefings de los Productos

Estación portátil de trabajo
Requerimientos

Equipoo portatil - Requerimientos de diseño

Función

Distribución de herramientas

Fácil ubicación y transporte de las herramientas necesarias para la implementación de prótesis

Capacidad para un paciente y un técnico

Mejora en la interacción paciente - tecnico

Almacenamiento de herramientas

Brinda un espacio para el almacenamiento de herramientas como: Tijeras (cortar fibras de vidrio, limas, pistola de inyección de resina, valvula de presion de aire, pegamento, cinta foam, componentes, cinta adhesiva, mangueras, resina, escaner, computadora, silla, desarmadores y cortatubos

Facilidad de transportar equipo

El dispositivo permite el fácil transporte en vehículos livianos, además de desplazarse en espacio controlados (casa de habitación)

Dimensiones

Altura - largo - ancho

El dispositivo no se sobrepasa de las siguientes medidas 85 cm altura, 50 ancho y 30 de profundidad. (Según productos semejantes en el mercado).

Peso liviano

Peso máximo 370 kg, (sin herramientas). Según productos semejantes en el mercado)

Movimiento

Disponibilidad para rodar

Brinda al técnico un fácil transporte en espacios controlados

Briefings de los Productos

Estación portátil de trabajo
Requerimientos

Fuerzas

Estabilidad Distribuye el peso interno de las herramientas para una mejor estabilidad

Interfaz para transporte manual Facilita el esfuerzo del usuario al transportar

Materiales

Protección Brinda protección a las herramientas.

Estructura Estructura liviana y resistente

Señales y control

Señalamiento Señalamiento para la utilización de herramientas

Indicaciones Indicaciones para el uso del equipo

Fabricación y montaje

Adaptación a componentes estándar del mercado Para su fácil fabricación y reparación. ruedas y cierres.

Briefings de los Productos

Estación portátil de trabajo
Requerimientos

Seguridad y ergonomía

Facilidad de transporte

Brinda facilidad de transporte, evitando esfuerzo innecesarios del usuario

Seguridad de las herramientas transportadas

Aporta protección al traslado de las herramientas y el equipo para la fabricación de la prótesis

Acceso a las herramientas

El acceso a los distintos equipos es simple y rapido.

Impacto ambiental

Reciclabilidad del material

Las partes del dispositivo pueden llegar a ser reciclados en sus partes

Estación de trabajo de moldes

Descripción

Diseño de una estación de trabajo que facilite el acabado de moldes y sockets, para que el usuario (técnico) posea un área laboral cómoda y mejore el acceso a herramientas que se utilizan en esta actividad.



Estaciones de trabajo



Usuario



Técnico

Ejes del proyecto

Accesibilidad a las herramientas necesarias para acabados de moldes

Accesible

Tecnología 3D

Adaptable

Adaptable a distintos moldes o sockets

Simple

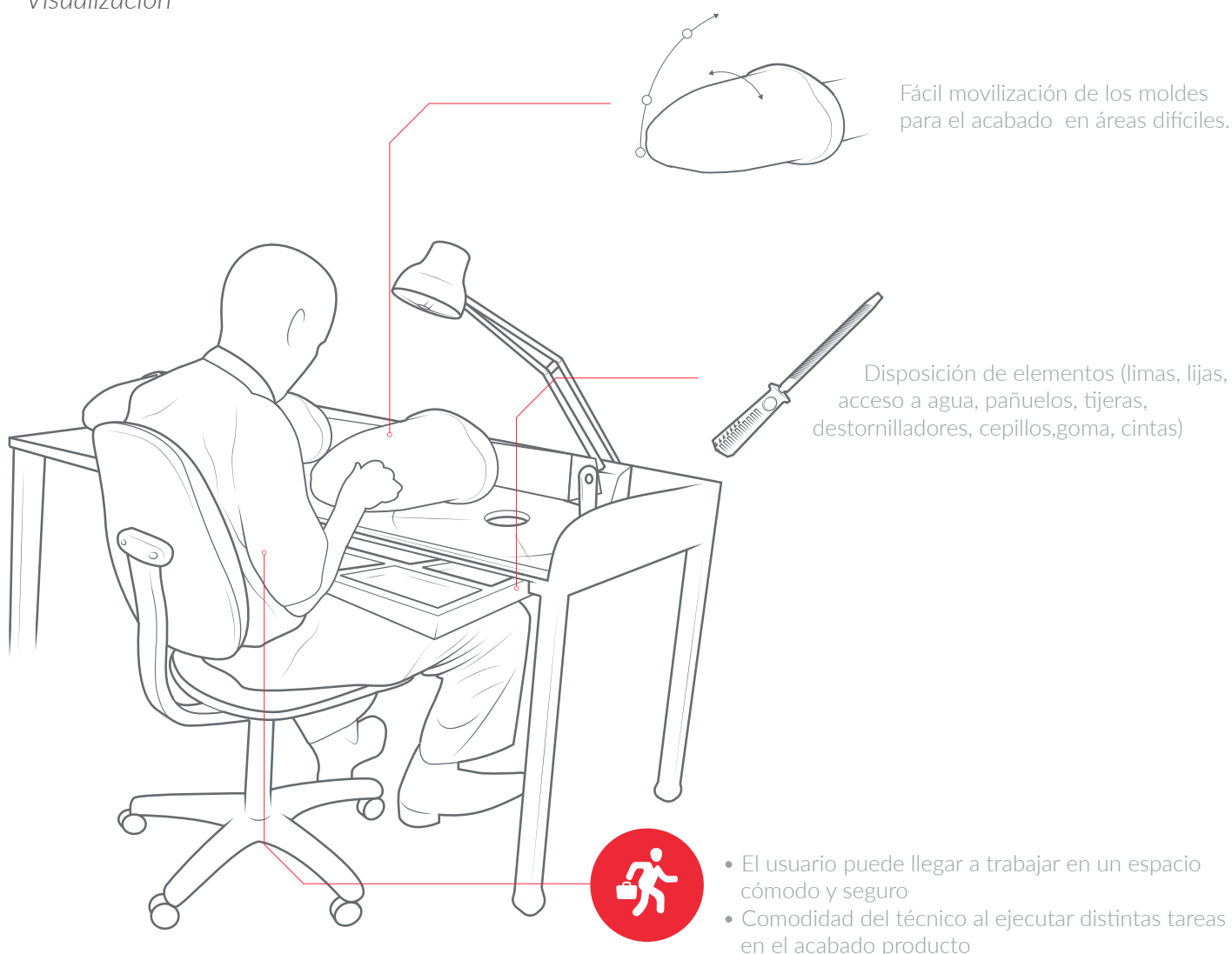
Fácil movilización de los moldes

Facilita el uso procesos del socket y acabados

Briefings de los Productos

Estación de trabajo de moldes

Visualización



La estación llega a facilitar el proceso de acabado de los moldes del muñón tomados en el dimensionado del paciente, para que así el técnico posea un área laboral adecuada (cómoda y segura) que le facilite el acceso a las distintas herramientas que se ocupan en el proceso, de modo que se vea una mejora en la eficiencia de elaboración de los distintos sockets que se realizan.

Briefings de los Productos

Estación de trabajo de moldes
Requerimientos

Estación de trabajo de moldes - Requerimientos de diseño

Función

<i>Facilidad en acabados</i>	Proporciona seguridad y comodidad al técnico para el acabado de los moldes de yeso y los sockets
<i>Almacenamiento de herramientas</i>	Acceso a herramientas que faciliten el acabado de los componentes

Dimensiones

<i>Acceso a herramientas</i>	<ul style="list-style-type: none">• Disposición de elementos (limas, lijas, acceso a agua, pañuelos, tijeras, destornilladores, cepillos, goma, cintas)• Disposición de elementos para fabricación de socket por el método modular (lámina de polímero termoformable)
------------------------------	--

Movimiento

<i>Estación fija</i>	Estación fija que asegura la estabilidad del técnico y del producto
<i>Manipulación de molde</i>	Fácil movilización de los moldes para el acabado en áreas difíciles.

Fuerzas

<i>Peso</i>	Soporta la acción del peso de los moldes y la herramientas
-------------	--

Briefings de los Productos

Estación de trabajo de moldes
Requerimientos

Energías

Acceso a energías Posee acceso a una fuente de agua para procesos de acabado.

Materiales

Cómodo Formas acolchadas para mejorar comodidad del técnico al realizar la labor

Señales y control

Señalamiento Señalamiento para la utilización de herramientas

Indicaciones Indicaciones para el uso del equipo

Fabricación y montaje

Facilidad de fabricación Adaptación a componentes estándar del mercado

Seguridad y ergonomía

Seguridad El usuario puede llegar a trabajar en un espacio cómodo y seguro

Seguridad de las herramientas Seguridad en el uso de herramientas

Acceso a las herramientas El acceso a los distintos equipos es simple y rápido.

Ergonómico Comodidad del técnico al ejecutar distintas tareas en el acabado del producto

Briefings de los Productos

Estación de trabajo de moldes

Requerimientos

Ciclo de ida y mantenimiento

Mantenimiento

Modularidad para la reparación y mantenimiento del puesto de trabajo

Impacto ambiental

Residuos

Disponibilidad para el manejo de los residuos causados por los procesos de acabado

Briefings de los Productos

Escáner de mapeo por presión

Escáner de mapeo por presión

Descripción

Diseño de un escáner de presión, que estandarice y facilite la ubicación del dispositivo en el paciente y que permita la toma de datos del muñon, para así conocer las distintas zonas sensibles que posee.

Usuario



Productos de investigación



Pacientes amputados



Técnico

Ejes del proyecto

Mejorar la accesibilidad de pacientes amputados a diagnósticos más precisos y productos hechos a la medida dentro del campo nacional

Accesible

Tecnología 3D

Adaptable

Adaptable a distintos usuarios de prótesis (distintos muñones)

Simple

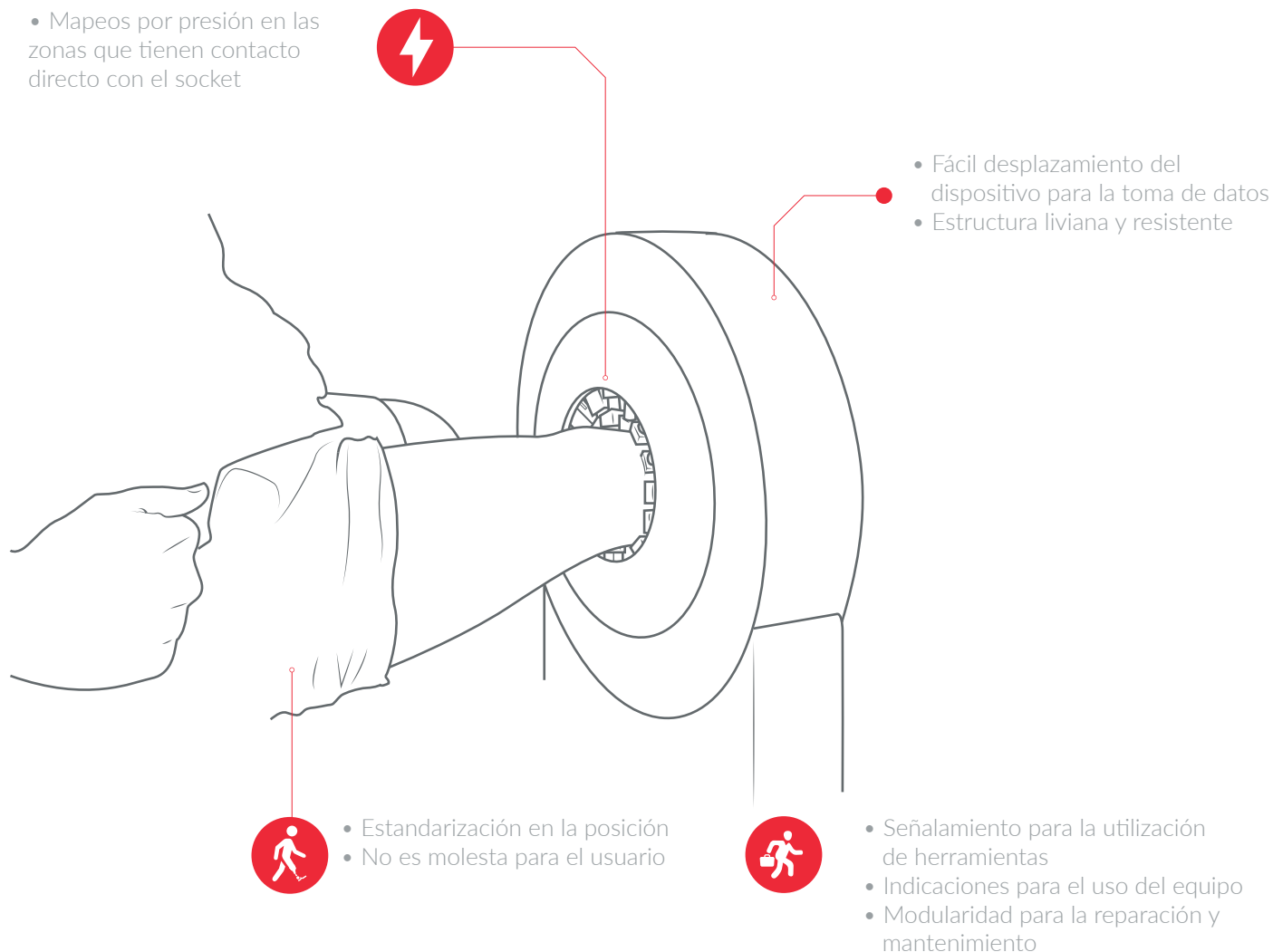
Fácil ubicación en el paciente (en espacios controlados)

Fácil mantenimiento (modularidad)

Briefings de los Productos

Escáner de mapeo por presión Visualización

- Mapeos por presión en las zonas que tienen contacto directo con el socket



El escáner facilita la realización de mapeos por presión en las áreas del muñón del paciente, colocando en este sensores de presión de manera que la posición del usuario (tanto en la estación del trabajo, la distribución de sensores, y la colocación del muñón) se estandarice para disminuir las variaciones o errores que se puedan presentar.

Briefings de los Productos

Escáner de mapeo por presión
Requerimientos

Escáner de mapeo por presión - Requerimientos de diseño

Función

<i>Facilidad en escáner</i>	Facilitar la realización de mapeos por presión en las zonas que tienen contacto directo con el socket
<i>Fácil traslado</i>	Permite el fácil desplazamiento del dispositivo para la toma de datos
<i>Posición de relajación</i>	Estandarización en la posición adecuada para toma de datos (posición de relajación)
<i>Sensores</i>	Utilización de sensores de presión para la toma de datos en la zona deseada

Impacto ambiental

<i>Material reciclable</i>	Los materiales del dispositivo pueden llegar a ser reciclados en sus partes
----------------------------	---

Movimiento

<i>Disponibilidad de movimiento</i>	Brinda al técnico un fácil transporte en espacios controlados
-------------------------------------	---

Fuerzas

<i>Peso</i>	Facilita el esfuerzo del técnico al transportar
-------------	---

Briefings de los Productos

Escáner de mapeo por presión

Requerimientos

Energías

Acceso a energías

Necesidad de corriente (110V o 220V) para la utilización del sistema de mapeo por presión

Materiales

Tipo

Estructura liviana y resistente

Señales y control

Señalamiento

Señalamiento para la utilización de herramientas

Indicaciones

Indicaciones para el uso del equipo

Fabricación y montaje

*Facilidad de
fabricación*

Adaptación a componentes estándar del mercado

Seguridad y ergonomía

Molestias

La utilización del equipo no es molesta para el usuario

Seguridad del paciente

Ubicación segura y cómoda del paciente para la realización de toma de datos

Interacción

Mejora en la interacción paciente - técnico

Briefings de los Productos

Escáner de mapeo por presión
Requerimientos

Ciclo de vida y mantenimiento

Mantenimiento

Modularidad para la reparación y mantenimiento del puesto de trabajo

Briefings de los Productos

Socket *ajustable*

Socket *ajustable*



Productos de investigación

Descripción

Diseño de un socket realizado en distintos materiales y por medio de manufactura aditiva, el cual se ajuste a los distintas zonas (sensibilidades), que se presentan en el muñón del paciente de prótesis, para una mayor comodidad del dispositivo

Usuario



Pacientes amputados

Ejes del proyecto

Accesibilidad por medio del uso de manufactura aditiva

Accesible

Tecnología 3D

Adaptable

Adaptable al usuario (diseño centrado en el usuario)

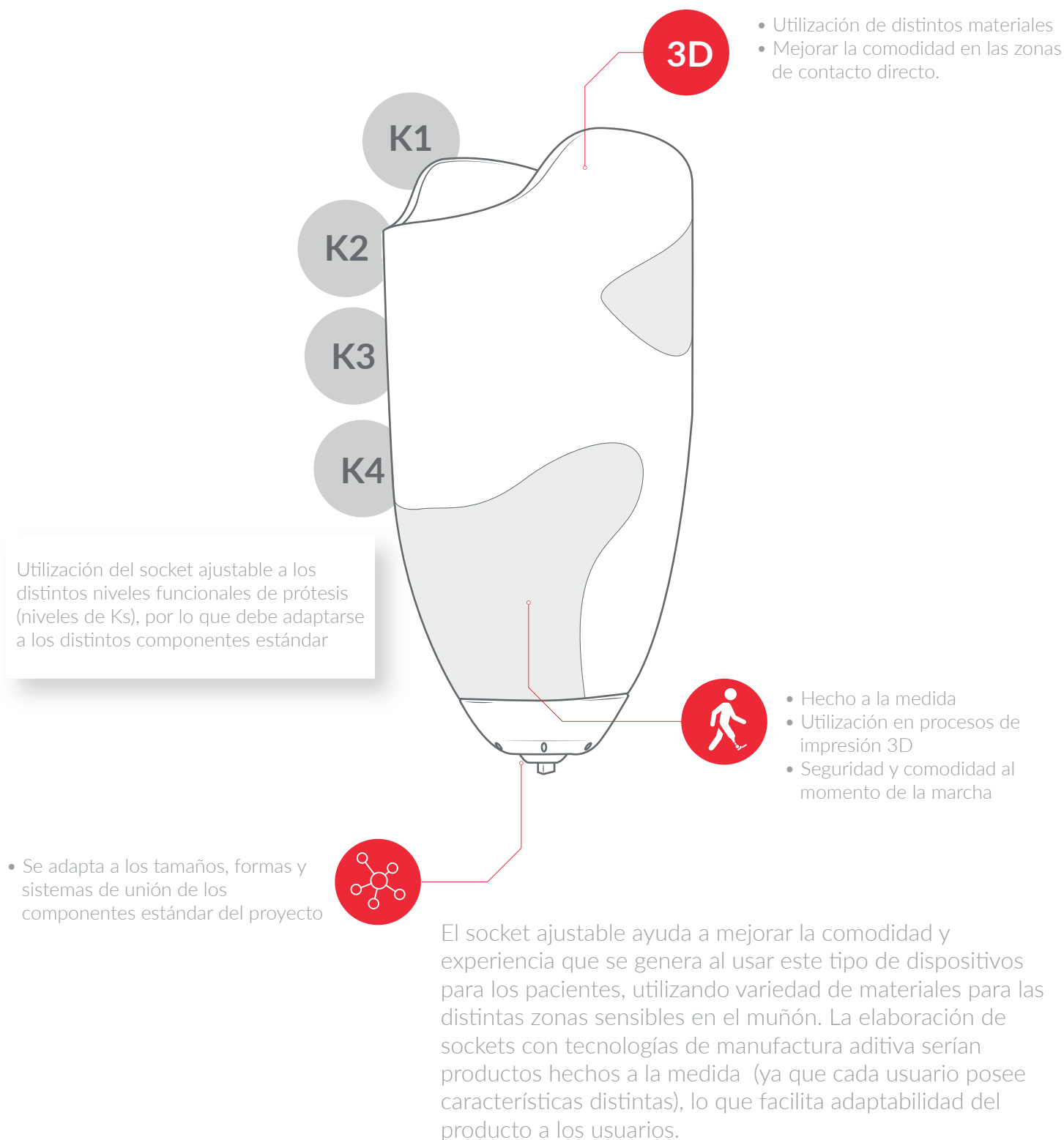
Simple

Fácil implementación (ensamble)

Briefings de los Productos

Socket ajustable

Visualización



Briefings de los Productos

Socket ajustable
Requerimientos

Socket ajustable - Requerimientos de diseño

Función

Confort

Mejoramiento del confort según las condiciones del muñón cada uno de los usuarios. Se sugiere utilizar sistemas de vacío que mejoren la seguridad y comodidad para la sujeción del producto

Variedad en propiedades

Utilización de distintos materiales según sus características y propiedades para mejorar la comodidad en las zonas de contacto directo

Dimensiones

Hecho a la medida

Producto fabricado a la medida del paciente

Movimiento

Uso

El dispositivo brinda seguridad y comodidad al momento de la marcha

Fuerzas

Peso

Soporta la fuerza del peso del usuario (aproximadamente cerca de 150 kg). Según productos semejantes en el mercado.

Distribución de esfuerzos

Resistente a los esfuerzos internos realizados por el usuario al momento de la marcha.

Materiales

Manufactura aditiva

El material está disponible para la utilización en procesos de impresión 3D

Briefings de los Productos

Socket ajustable
Requerimientos

Zona de contacto

Utilización de distintos materiales dependiendo de los distintos tejidos en la zona del muñón del usuario

Fabricación y montaje

Método de fabricación

La producción del producto debe de realizar en máquinas de impresión 3D

Facilidad de fabricación

Se adapta a los tamaños, formas y sistemas de unión de los componentes estándar del proyecto.

Seguridad y ergonomía

Seguridad

El socket es cómodo y no lastima al usuario al utilizarse

Diseño centrado en el usuario

Producto hecho a la medida

Impacto ambiental

Material reciclable

Permite la reciclabilidad del producto

Briefings de los Productos

Tobillo biónico

Tobillo biónico



Productos de investigación

Descripción

Diseño de un tobillo biónico, que facilite la fluidez en la marcha del paciente, por medio de la utilización de señales eléctricas transmitidas desde los músculos las cuales se envían a microprocesadores que operan sistemas simulando el movimiento natural del tobillo (movimiento inconsciente)

Usuario



Pacientes amputados

Ejes del proyecto

Accesibilidad por medio del uso de manufactura aditiva

Accesible

Tecnología 3D

Adaptable

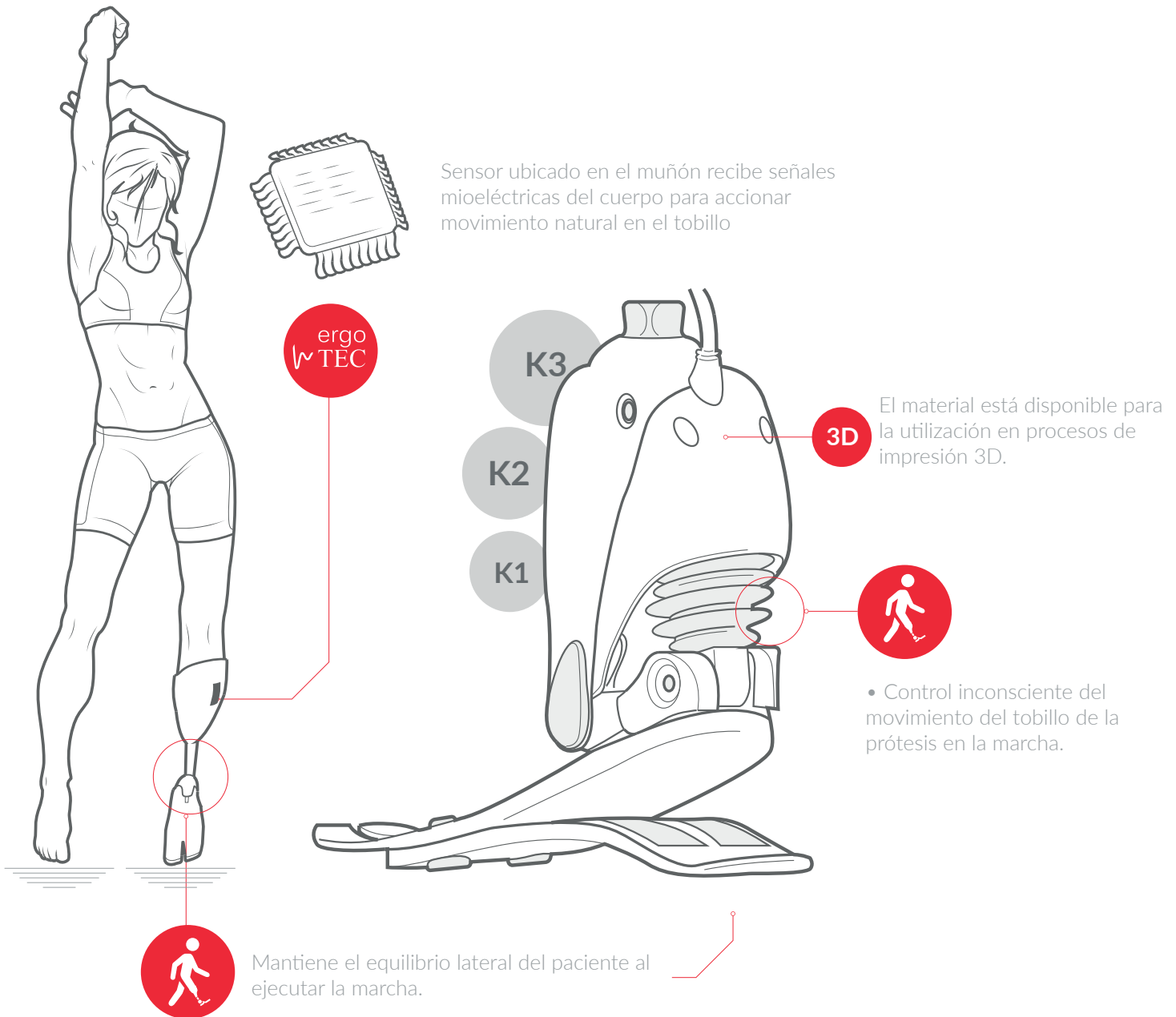
Adaptable al usuario (diseño centrado en el usuario)

Simple

Fácil uso

Briefings de los Productos

Tobillo biónico.
Visualización



El diseño del tobillo biónico llega a mejorar la experiencia de uso del usuario de prótesis al simular de manera más precisa el movimiento natural del tobillo (generado a partir de las transmisiones en los nervios).

El mismo se enfoca en la movilidad y fluidez del usuario, su utilización va para usos de niveles k1 y k2. Además como aspecto de investigación y mejora se espera movilidad a niveles k3

Briefings de los Productos

Tobillo biónico.
Requerimientos

Tobillo biónico - Requerimientos de diseño

Función

<i>Facilidad de movimiento</i>	Control inconsciente del movimiento del tobillo de la prótesis en la marcha
<i>Control de movimiento</i>	Control voluntario del tobillo de la prótesis en la marcha o estático.
<i>Fluidez al caminar</i>	Facilita la marcha mejorando la fluidez en el movimiento

Movimiento

<i>Equilibrio lateral</i>	Mantiene el equilibrio lateral del paciente al ejecutar la marcha
<i>Articulación del tobillo</i>	Permite la Flexión plantar 30° y la flexión dorsal 20°, al momento de la marcha (movimiento inconsciente)

Fuerzas

<i>Soporta el peso del usuario</i>	Soporta la fuerza del peso del usuario, (aproximadamente hasta los 150 kg). (Según productos semejantes en el mercado).
------------------------------------	---

Materiales

<i>Manufactura aditiva</i>	El material está disponible para la utilización en procesos de impresión 3D
----------------------------	---

Briefings de los Productos

*Tobillo biónico.
Requerimientos*

Facilidad en manufactura

Se adapta a los tamaños, formas y sistemas de unión de los componentes estándar del proyecto.

Seguridad y ergonomía

Marcha segura en el usuario

Aporta seguridad al usuario al realizar la marcha

Impacto ambiental

Material reciclable

Permite la reciclabilidad del producto y de sus partes.

Briefings de los Productos

Prótesis transtibiales para prácticas deportivas

Prótesis transtibiales para prácticas deportivas

Descripción

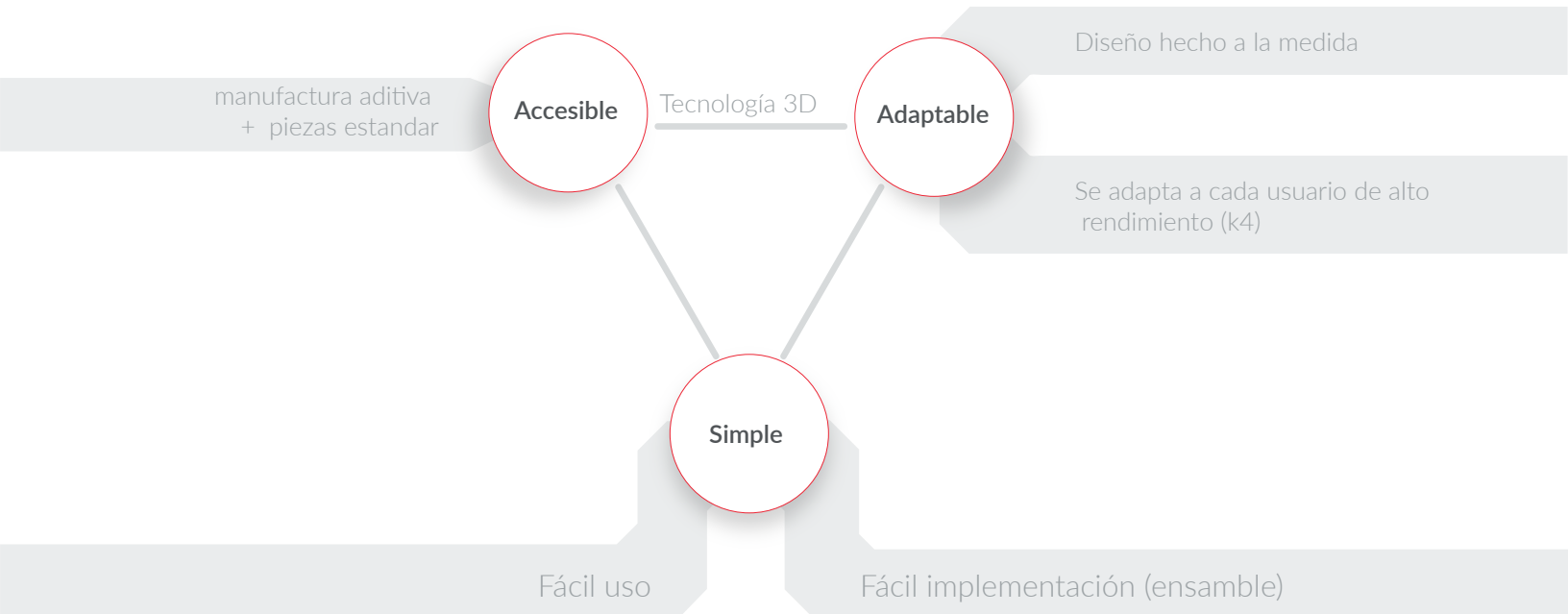
Diseño de prótesis de miembro inferior (transtibial), por medio de componentes manufacturados por procesos aditivos, que permita la realización de deportes (atletismo) a usuarios que deseen realizar estas actividades

Usuario



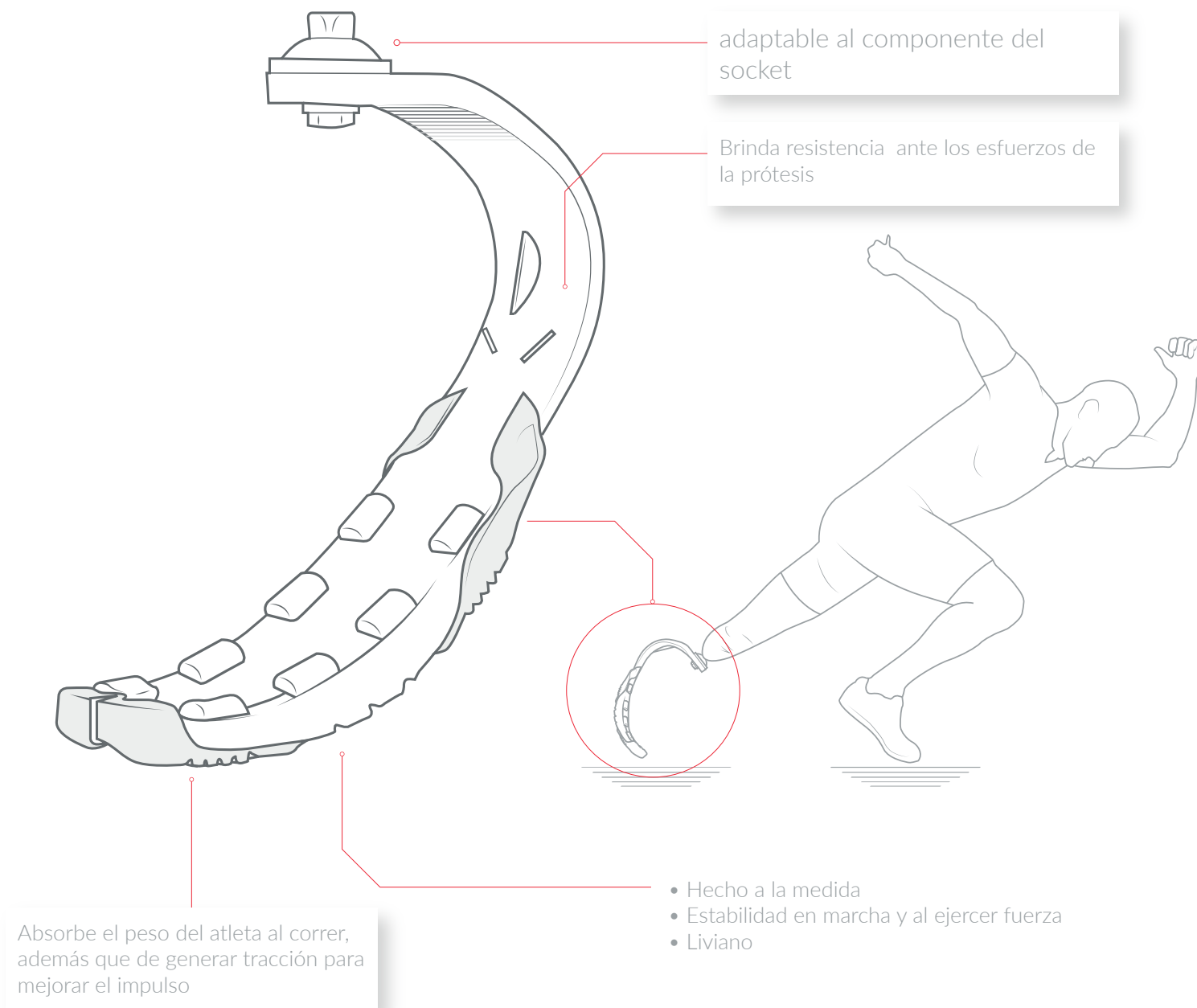
Pacientes amputados

Ejes del proyecto



Briefings de los Productos

Prót. transtibiales para prácticas deportivas
Visualización



Facilita la implementación de prótesis deportivas a un nivel más accesible debido a la manufactura aditiva, además permite generar un diseño emocional más personalizado con el paciente

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales para prácticas deportivas
Requerimientos

Pie deportivo - Requerimientos de diseño

Función

Estabilidad en la marcha, así como al correr o brincar

Brinda seguridad al ejercer distintas actividades de alto rendimiento

Estabilidad del cuerpo al ejercer esfuerzos de torsión

Brinda resistencia al realizar una vuelta o giro, (componente del peso)

Fluidez al correr

Brinda una marcha fluida al correr en competencias

Estabilidad del cuerpo al permanecer estable con distintas posturas

Brinda estabilidad para que el usuario pueda manipular su centro de masas al permanecer en distintas posiciones

Dimensiones

Hecho a la medida

El dispositivo se adapta la altura del usuario

Peso liviano

Peso máximo 700 g. (Según productos semejantes en el mercado).

Movimiento

Energía almacenada

El almacenar y expandir energía potencial brinda tracción al deportista.

Fuerzas

Equilibrio

El dispositivo brinda equilibrio al ejecutar cursas o torsiones del pie, así como al manipular las fuerzas del centro de masas

Absorción del Peso

El dispositivo absorbe y transmite eficientemente las fuerzas del peso del atleta al correr

Tracción

Mejora impulso del atleta al correr

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales para prácticas deportivas
Requerimientos

Fuerzas

Equilibrio

El dispositivo brinda equilibrio al ejecutar cursas o torsiones del pie, así como al manipular las fuerzas del centro de masas

Absorción del Peso

El dispositivo absorbe y transmite eficientemente las fuerzas del peso del atleta al correr

Tracción

Mejora impulso del atleta al correr

Materiales

Manufactura aditiva

Piezas dentro de la prótesis deben de ser fabricadas en manufactura aditiva

Absorción - Torsión - Tensión

Deben de brindar resistencia ante cualquiera de estos esfuerzos dentro de la prótesis

Fabricación y montaje

Producción por pedido (hecho a al medida)

El producto se fabrica a pedido del usuario

Adaptación a componentes estándares del mercado

Se adapta al componente del socket

Seguridad y ergonomía

Materiales resistentes

Brinda resistencia y calidad al usuario cuando ejecuta ejercicios

Seguridad al correr o saltar

El dispositivo debe de aportar seguridad al correr o saltar, así como al realizar movimientos veloces y de alta grado de esfuerzo

Briefings de los Productos

Prót. transtibiales para prácticas deportivas
Requerimientos

Impacto ambiental

Reciclabilidad del material

Las piezas del dispositivo pueden llegar a ser recicladas

Aspectos legales

Normativa y Reglamento de Atletismo

Cumple con la Normativa y Reglamento de Atletismo del Comité Paraolímpico Internacional, en referencia a la clasificación F43 y F44.

Briefings de los Productos

Cámara de luz ultravioleta

Cámara de luz ultravioleta

Descripción

Diseño de una cámara que facilite el tratamiento de luz ultravioleta en los componentes manufacturados por procesos aditivos (pie, carcasa).



Producto opcional.

La utilización de este producto dependerá de las investigaciones actualmente desarrolladas en ErgoTec.

Usuario



Técnico

Ejes del proyecto

Mejora en la vida útil de piezas

Accesible

Tecnología 3D

Adaptable

Diseños personalizado

Mejora la elaboración de piezas

Simple

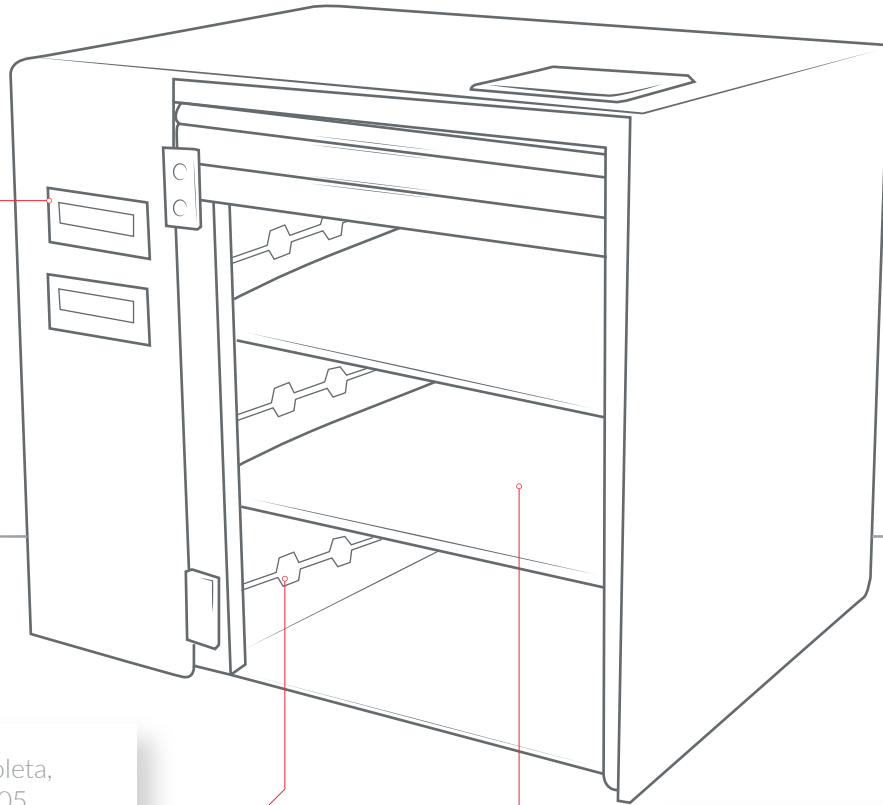
Fácil uso

Error humano

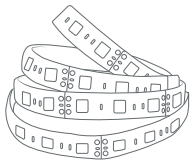
Briefings de los Productos

Cámara de luz ultravioleta.
Visualización

Control del proceso lumínico, con indicaciones o señalamiento tanto de modo de uso como del progreso de este



utilización de luz ultravioleta,
con una intensidad de 405
nanómetros (longitud de onda)



Fácil distribución de componentes, y
la interacción tanto entre técnico,
componentes y la cámara de luz

Dispositivo que vendría a mejorar las propiedades físicas o mecánicas de las fibras utilizadas en la manufactura aditiva (impresión 3D), con el fin de mejorar la vida útil y la calidad de los componentes que sean fabricados por este método.

Briefings de los Productos

Cámara de luz ultravioleta
Requerimientos

Cámara de luz ultravioleta- Requerimientos de diseño

Función

*Facilidad en la ubicación
de piezas*

Facilita la distribución de componentes, de modo que éstas aprovechen al máximo el tratamiento lumínico

Tratamiento lumínico

Utilización de luz ultravioleta, para tratamiento en componentes manufacturados por procesos aditivos, para la mejoras de propiedades físicas y/o mecánicas

Dimensiones

Dimensiones

1m x 1m x 1.5m (según productos semejantes en el mercado).

Movimiento

Cámara fija

Dispositivo fijo que asegure la estabilidad de los componentes que van a ser tratados

Energía

Intensidad luminosa

Intensidad de 405 nanómetros de longitud de onda

*Conectable a fuentes
de corriente*

Necesidad de corriente (110V o 220V)

Materiales

*Paredes internas
reflectantes*

Facilitan el proceso de curado de piezas a través del tratamiento (luz ultravioleta), mediante paredes reflectantes que distribuyen la luz

Briefings de los Productos

Cámara de luz ultravioleta
Requerimientos

Señales y control

Señalamiento Señalamiento para la utilización de herramientas

Indicaciones Indicaciones para el uso del equipo

Fabricación y montaje

Adaptación a componentes estándar del mercado Utilización de componentes de fácil adquisición, utilización y mantenimiento (eje. luces led)

Vida útil y mantenimiento

Fácil mantenimiento Modularidad para la reparación y mantenimiento del puesto de trabajo

Seguridad y ergonomía

Control de proceso Facilita el control de proceso lumínico en las piezas, para que éstas estén bajo condiciones similares

Interfaz con el técnico Facilita la interfaz hombre objeto tanto para la utilización de la cámara, como para la ubicación de componentes

Plan de acción

Introducción

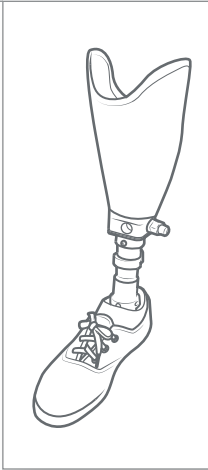

El plan de acción es una herramienta que proporciona un proceso de planificación estructurado para conducir los esfuerzos y acciones a lograr metas establecidas. A través de la documentación definida e integrada sobre las oportunidades y necesidades dentro del sector de la fabricación de prótesis en Costa Rica (incluida en este documento); se definen las acciones que se deberían de llevar a cabo para concluir exitosamente el desarrollo de cada uno de los productos propuestos.

El desarrollo de estos proyectos y su implementación ayudaría a reducir tiempos y costos en la fabricación de prótesis, así como la innovación en productos centrados en el usuario, dentro del territorio nacional. Esto mediante las ventajas que brinda la manufactura aditiva en la elaboración de productos hechos a la medida.

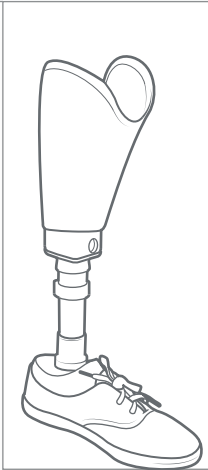

Plan de acción

Briefing

Prótesis transtibial de pie articulado

Factores críticos de éxito	Alcances	Diseño de una prótesis transtibial funcional de pie articulado para la fabricación a través de métodos de manufactura aditiva. <ul style="list-style-type: none">• Alianzas estratégicas con distribuidores de materiales.• Alianza estratégica con empresas privadas de fabricación de dispositivos médicos• Contratación de Ing. en Diseño Industrial e Ing. en Materiales para la continuación en trabajos de investigación• Estudios de movimiento con tecnologías dispuestas en Ergotec (Qualisys Webinar), para la mejora en la fluidez de la marcha• Colaboración con escuelas externas de otras universidades (escuela de Tecnologías en Salud con la carrera de Ortoprótisis y Ortopedia).	
	Resultado	Prótesis de bajo costo de fabricación.	
	Impacto	Aumentar la accesibilidad de prótesis a personas amputadas	

Prótesis transtibial de pie fijo

Factores críticos de éxito	Alcances	Diseño de una prótesis transtibial funcional de pie fijo para la fabricación a través de métodos de manufactura aditiva. <ul style="list-style-type: none">• Alianzas estratégicas con distribuidores de materiales para la fabricación de componentes.• Alianza estratégica con empresas privadas de fabricación de dispositivos médicos• Contratación de Ing. en Diseño Industrial e Ing. en Materiales para la continuación en trabajos de investigación• Estudios de movimiento con tecnologías dispuestas en Ergotec (Qualisys Webinar) para la mejora es la estabilidad en la marcha• Colaboración con escuelas externas de otras universidades (escuela de Tecnologías en Salud con la carrera de Ortoprótisis y Ortopedia).	
	Resultado	Prótesis de bajo costo de fabricación.	
	Impacto	Aumentar la accesibilidad de prótesis a adultos mayores y pacientes amputados con dificultad de movimiento	

Plan de acción

Briefing

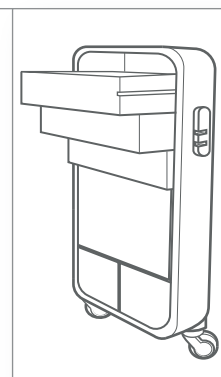
Estación de trabajo para la atención

Alcances	Diseño de una estación de trabajo para la atención a pacientes amputados dentro de clínicas
Factores críticos de éxito	<ul style="list-style-type: none">• Contratación de técnicos en prótesis e Ing. en Diseño Industrial• Colaboración con escuelas externas de otras universidades (escuela de Tecnologías en Salud con la carrera de Ortoprótisis y Ortopedia)• Trabajo en cooperación con la Escuela de Seguridad Laboral del Tecnológico de Costa Rica.
Resultado	Estación de trabajo que mejora la atención y disminuye el tiempo de realización de prótesis a pacientes amputados dentro de clínicas.
Impacto	Efectividad en la atención a pacientes en clínicas.



Equipo portátil para la atención

Alcances	Diseño de una estación de trabajo portátil para la atención a pacientes amputados lejos del GAM.
Factores críticos de éxito	<ul style="list-style-type: none">• Contratación de técnicos en prótesis e ingenieros en diseño industrial• Vinculación con empresas privadas de fabricación de dispositivos médicos• Recursos tecnológicos y materiales para el análisis y fabricación.• Trabajo en cooperación con la escuela de Seguridad Laboral del Tecnológico de Costa Rica.
Resultado	Estación de trabajo portátil que ayude a la atención y transporte de herramientas para la realización de prótesis a pacientes amputados en zonas alejadas al GAM
Impacto	Efectividad en la atención a pacientes en zonas rurales y lejanas al GAM

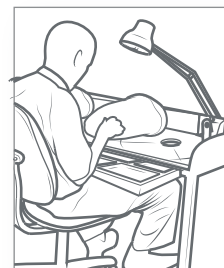


Plan de acción

Briefing

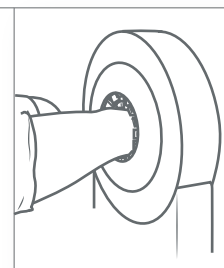
Estación de trabajo de moldes

Alcances	Diseño de una estación de trabajo que facilite el acabado de moldes y sockets realizados con manufactura aditiva
Factores críticos de éxito	<ul style="list-style-type: none">• Contratación de técnicos en prótesis• Contratación de Ing. en Diseño Industrial• Colaboración con escuelas externas de otras universidades (escuela de Tecnologías en Salud con la carrera de Ortoprótisis y Ortopedia)• Recursos tecnológicos y materiales para el análisis y fabricación.
Resultado	Estación de trabajo que facilite procesos de acabado en sockets
Impacto	Efectividad en el desarrollo de componentes



Escáner de mapeo por presión

Alcances	Diseño de un escáner de mapeo por presión, que facilite la toma de datos en la zonas sensibles del usuario de prótesis
Factores críticos de éxito	<ul style="list-style-type: none">• Contratación ingenieros en diseño industrial, ingenieros eléctricos e ingenieros en electromecánica industrial para fases el desarrollo e investigación• Cooperación con escuelas tanto de Diseño Industrial como de Electrónica y Mantenimiento Industrial• Cooperación dentro distintos escuelas para la realización de proyectos de investigación• Recursos tecnológicos y materiales para el análisis y fabricación
Resultado	Escáner para realizar mapeos de presión, para la toma de datos
Impacto	Efectividad en la atención a pacientes en clínicas.



Plan de acción

Briefing

Socket ajustable

Alcances

Diseño de un socket elaborado por manufactura aditiva que cuente con diferentes materiales (variación en dureza y flexibilidad), para mejorar el confort del usuario en las zonas de contacto directo de éste con el muñón.

Factores críticos de éxito

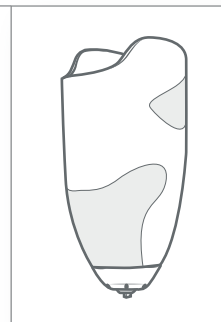
- Elaboración de un mapeo por presión de las distintas zonas sensibles del usuario de prótesis (escáner)
- Alianzas estratégicas con distribuidores de materiales para la fabricación del componente.
- Alianza estratégica con empresas privadas de fabricación de dispositivos médicos
- Contratación de Ing. en Diseño Industrial e Ing. en Materiales para fases de investigación y desarrollo.
- Cooperación con escuelas tanto de diseño industrial como materiales y con escuelas externas de otras universidades (escuela de Tecnologías en Salud con la carrera de Ortoprótisis y Ortopedia)
- Cooperación dentro distintas escuelas para la realización de proyectos de investigación
- Utilización de tecnología que permita la fabricación de componentes en distintos materiales
- Recursos tecnológicos y materiales para el análisis y fabricación.

Resultado

Socket de distintos materiales, para las distintas zonas de contacto

Impacto

Mejora en el confort del usuario de prótesis



Plan de acción

Briefing

Cámara de luz ultravioleta.

Alcances

Diseño de una cámara hermética de emisión de luz ultravioleta

Factores críticos de éxito

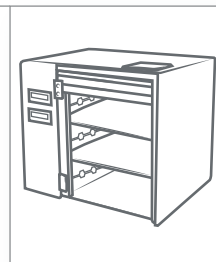
- Alianza estratégica con el Taller Nacional de Prótesis, así como de demás talleres privados.
- Coordinación entre distintas investigaciones sobre biomecánica, materiales y producción, dentro de Ergotec.
- Cooperación dentro de la Escuela en Ingeniería en Diseño Industrial para la realización de proyectos de graduación.
- Recursos tecnológicos y materiales para el análisis y fabricación.

Resultado

Aumento en la dureza de partes y componentes

Impacto

Mejora en la calidad y durabilidad de las prótesis.



Normas Food & Drug Administration (FDA)

Es importante rescatar que un factor crítico de las distintas líneas de productos dentro del campo medico es el cumplimiento de las certificación y validaciones para la comercialización (registros sanitarios, FDA). La correcta implementación de estas determinara la comercialización dentro del mercado nacional e internacional.

Impacto en escenarios

Introducción

Una vez implementados los productos y servicios propuestos en los Briefings, estos llegan a resolver las distintas necesidades planteadas que se observaron en los escenarios para sus dos distintos usuarios (tanto el usuario de prótesis como el técnico que implementa las prótesis)

Impacto en escenarios

Usuario de prótesis dentro del área metropolitana

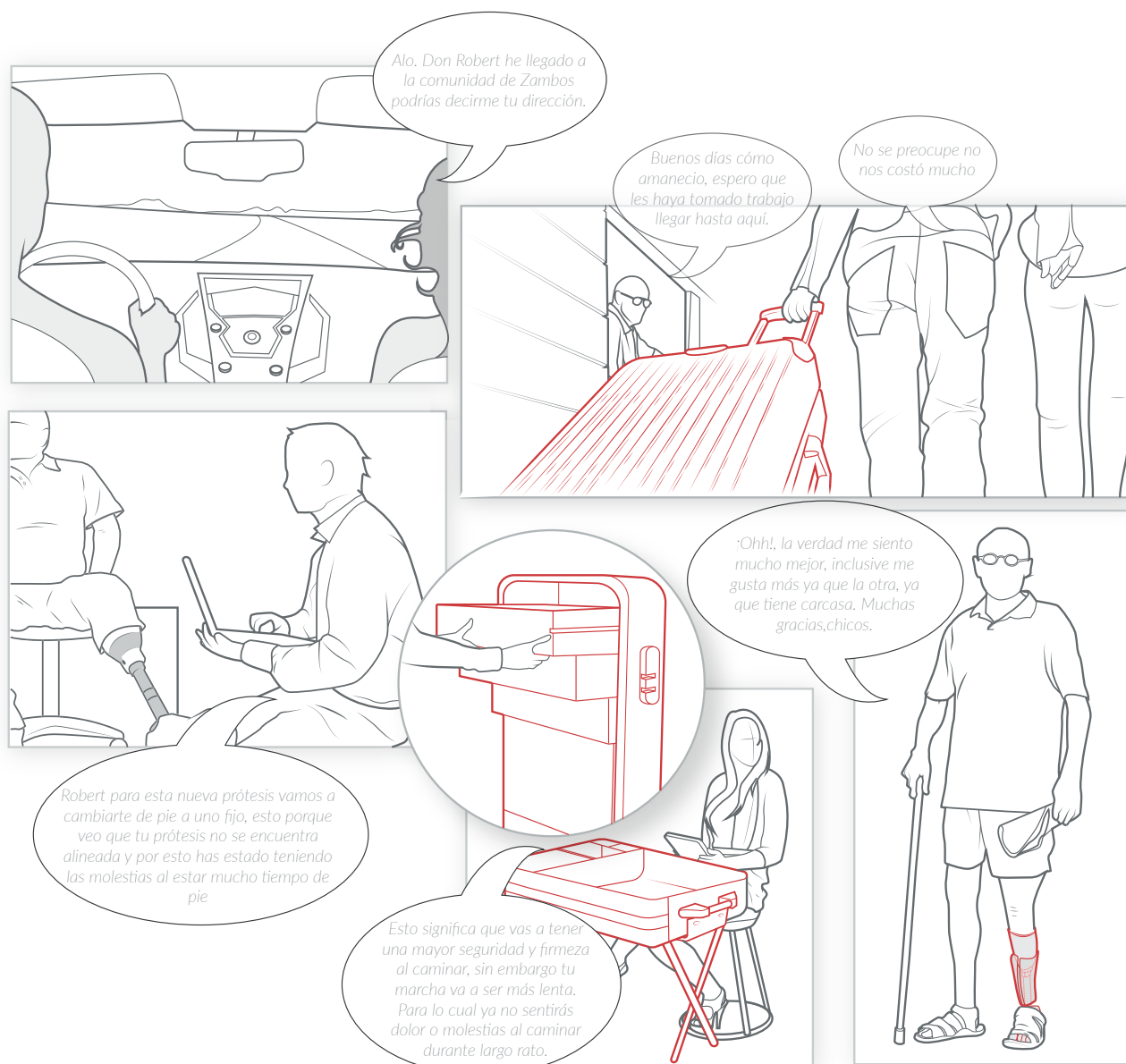
Usuario de prótesis que viven dentro del Gran Área Metropolitana (GAM)



Impacto en escenarios

Usuario de prótesis dentro en zonas rurales

Usuario de prótesis que viven en zonas lejanas al Valle Central (Zonas rurales)



Impacto en escenarios

Usuario de prótesis con alta actividad física

Usuario de prótesis deportiva



Impacto en escenarios

Usuario de prótesis con sensibilidad en el muñón

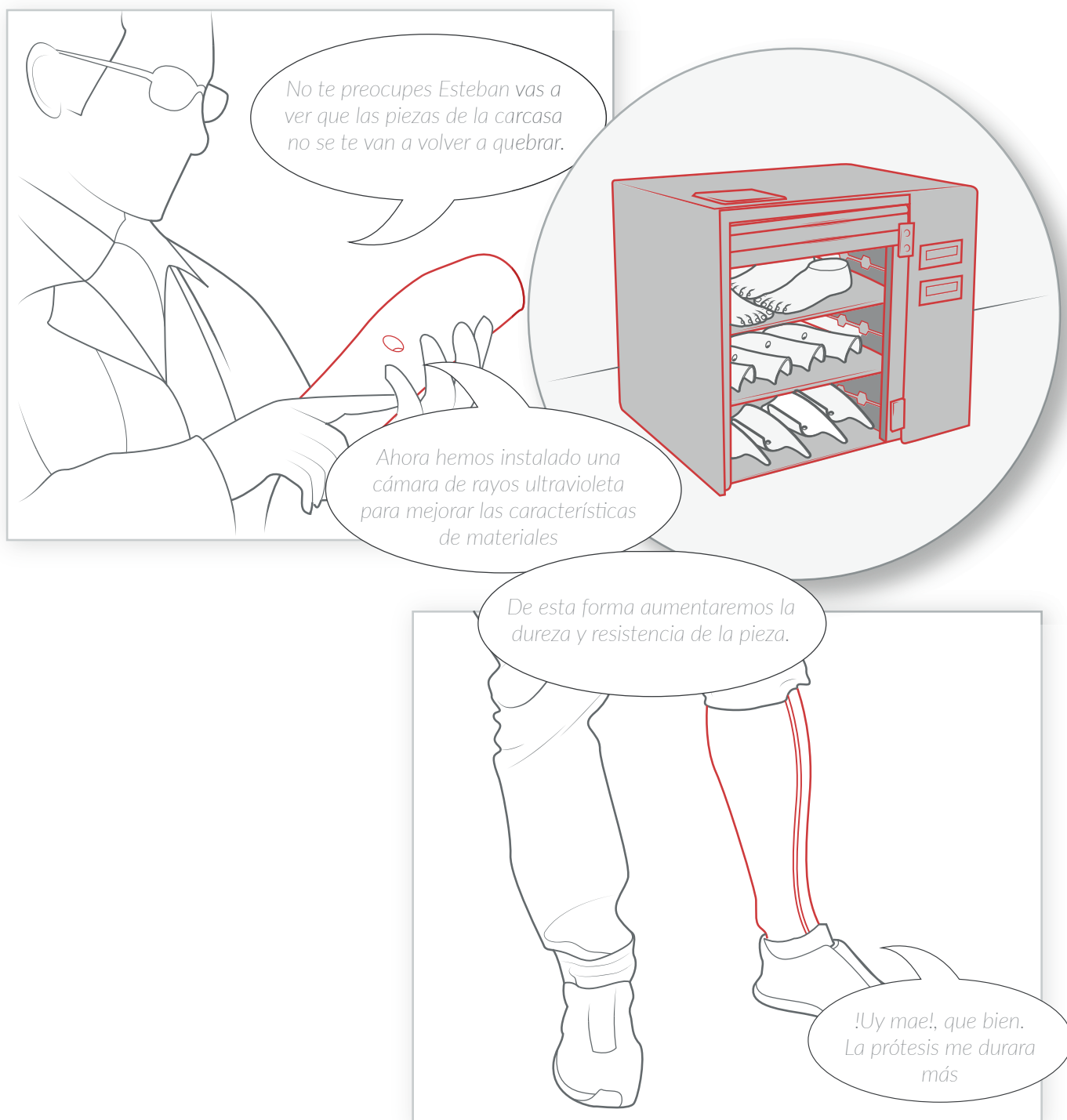
Usuario de prótesis con sensibilidad en el muñón



Impacto en escenarios

Técnico en prótesis

Usuario que elabora la prótesis



Impacto de productos

Introducción

Una vez realizados los productos y servicios propuestos en los Briefings estos llegan a resolver las distintas necesidades planteadas que se observaron en los escenarios para sus dos distintos usuarios (tanto el usuario de prótesis como el técnico que implementa las prótesis)

Impacto de productos

Prótesis

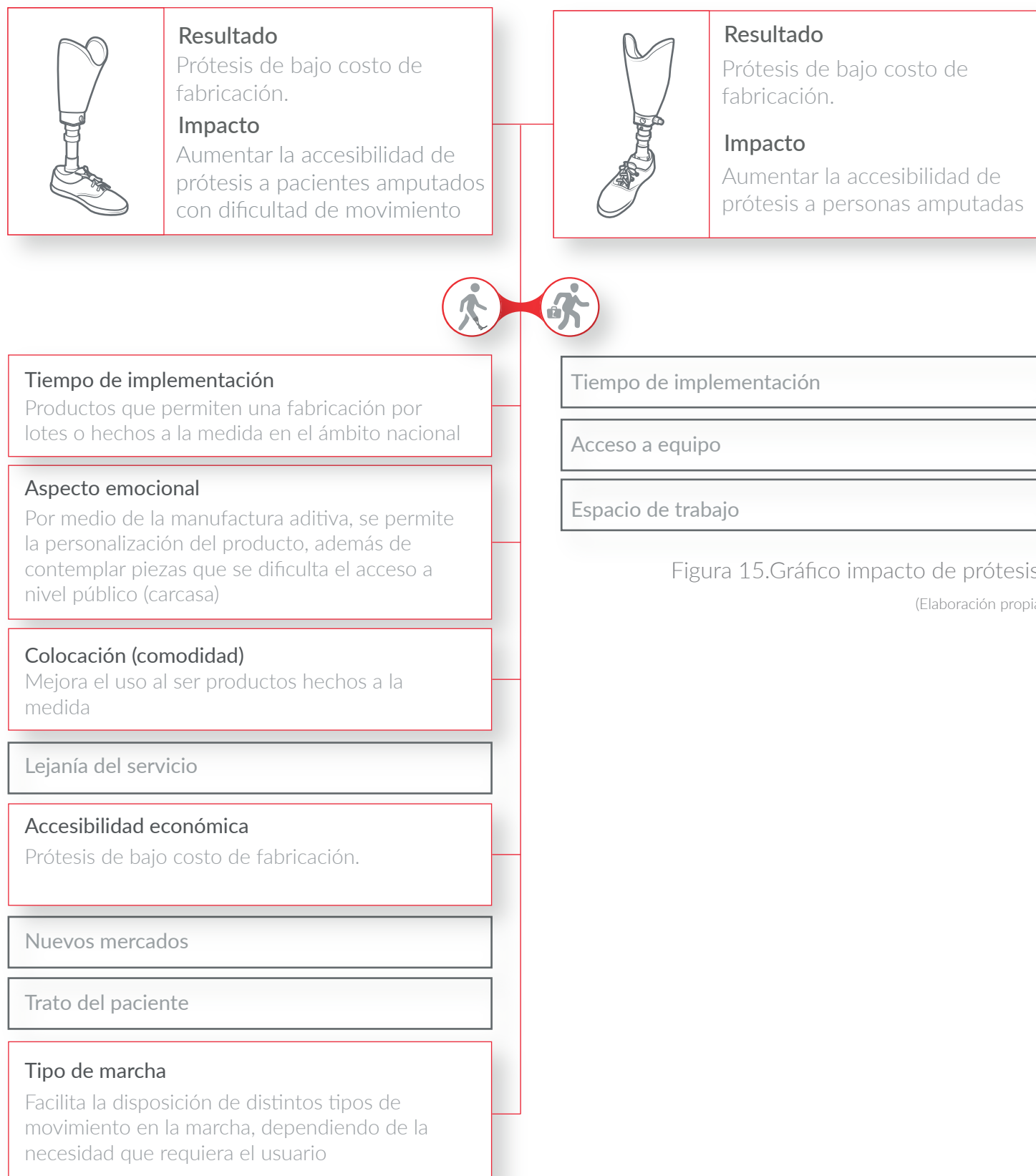


Figura 15. Gráfico impacto de prótesis.

(Elaboración propia)

Impacto de productos

Estaciones de trabajo

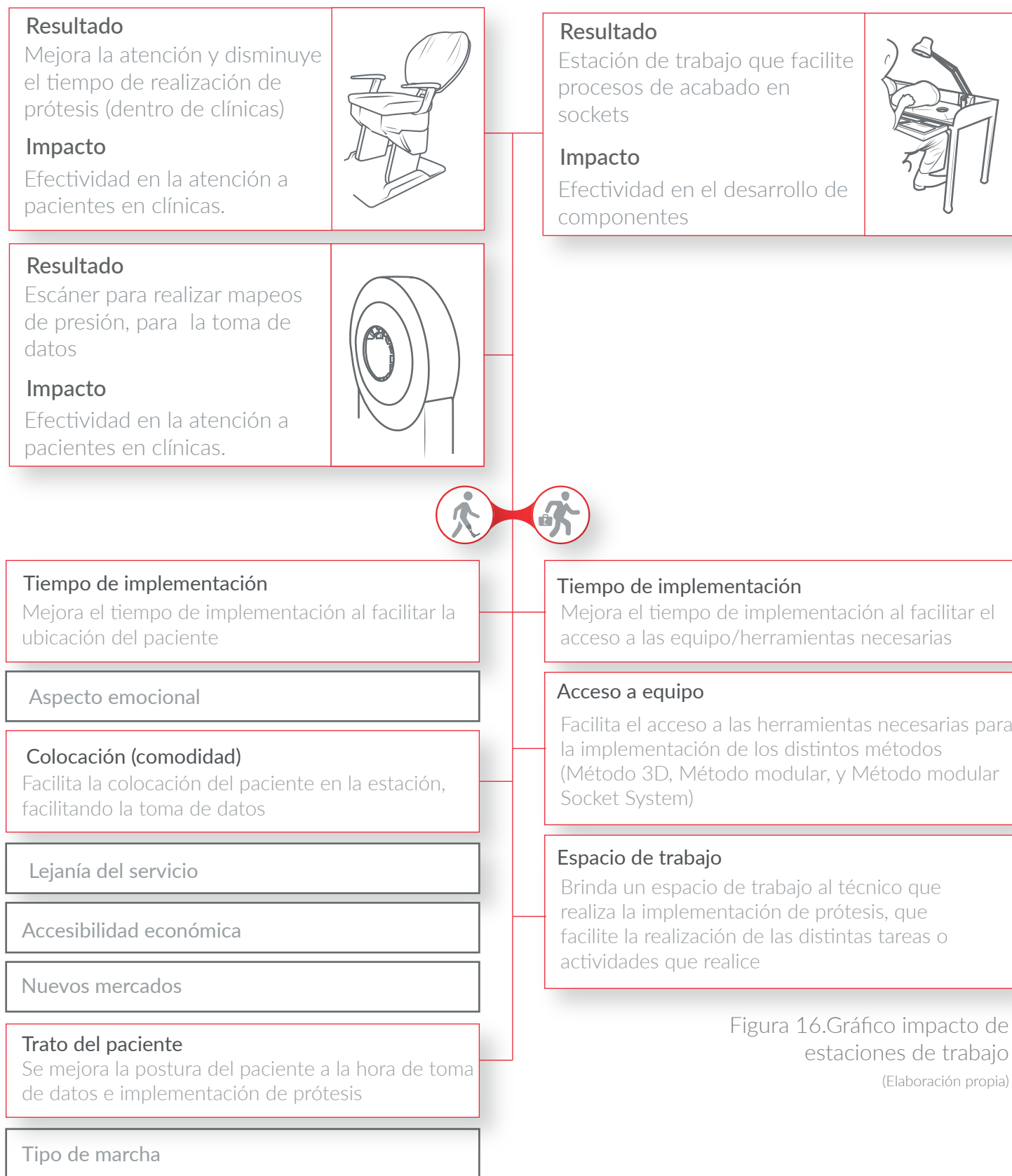


Figura 16. Gráfico impacto de estaciones de trabajo
(Elaboración propia)

Impacto de productos

Estación portátil de trabajo

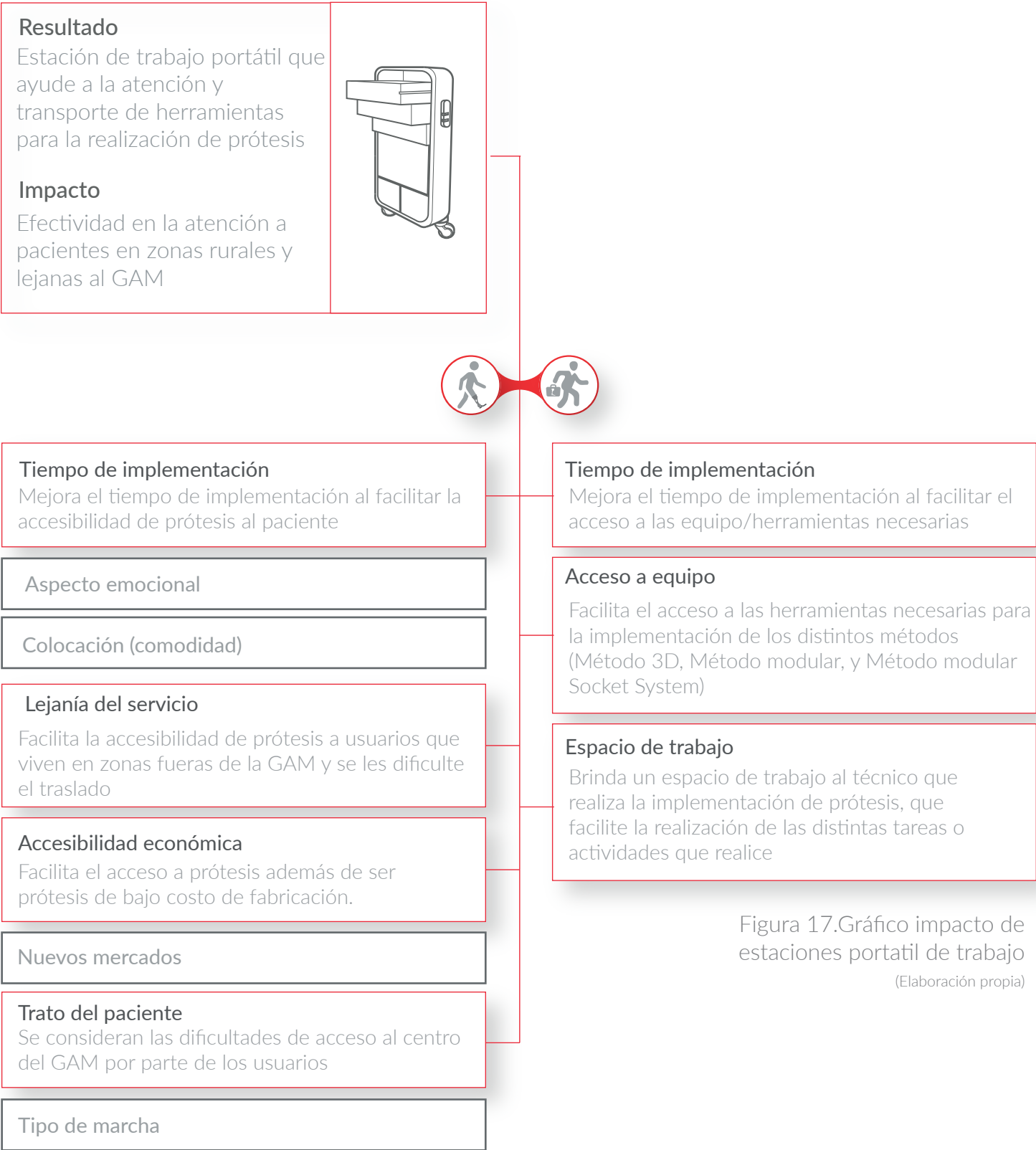


Figura 17. Gráfico impacto de estaciones portatil de trabajo
(Elaboración propia)

Impacto de productos

Productos de investigación

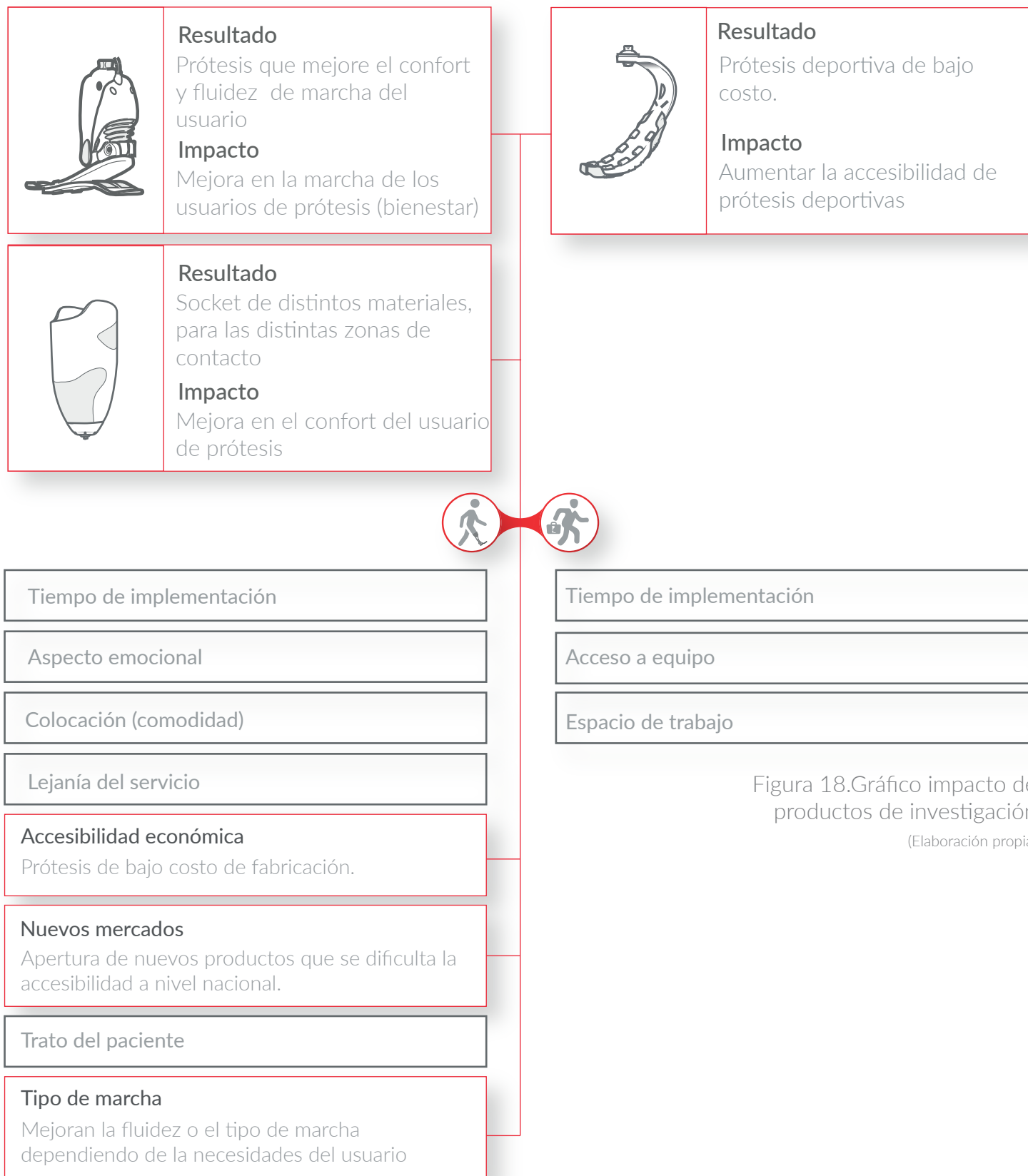


Figura 18. Gráfico impacto de productos de investigación
(Elaboración propia)

Mapa del nuevo proceso

Introducción

Una vez definidas las especificaciones de las líneas, se agregan las etapas al proceso de fabricación de prótesis en donde se integran las tecnologías 3D para la visualización del proceso de implementación de los nuevos productos así como la mejora a los métodos tradicionales (Método modular y Método modular Socket System), conservando las cinco etapas en la implementación de prótesis.

Uno de los objetivos que presenta el proyecto principal de prótesis de manufactura aditiva por parte del laboratorio de Ergotec es la producción hecha a la medida, por lo en el proceso se incluye esta metodología, además se incluye una propuesta opcional para facilitar la elaboración de componentes por lotes personalizados que llegue a mejorar la accesibilidad de productos de esta índole con carácter nacional.

Mapa del nuevo proceso

Flujograma

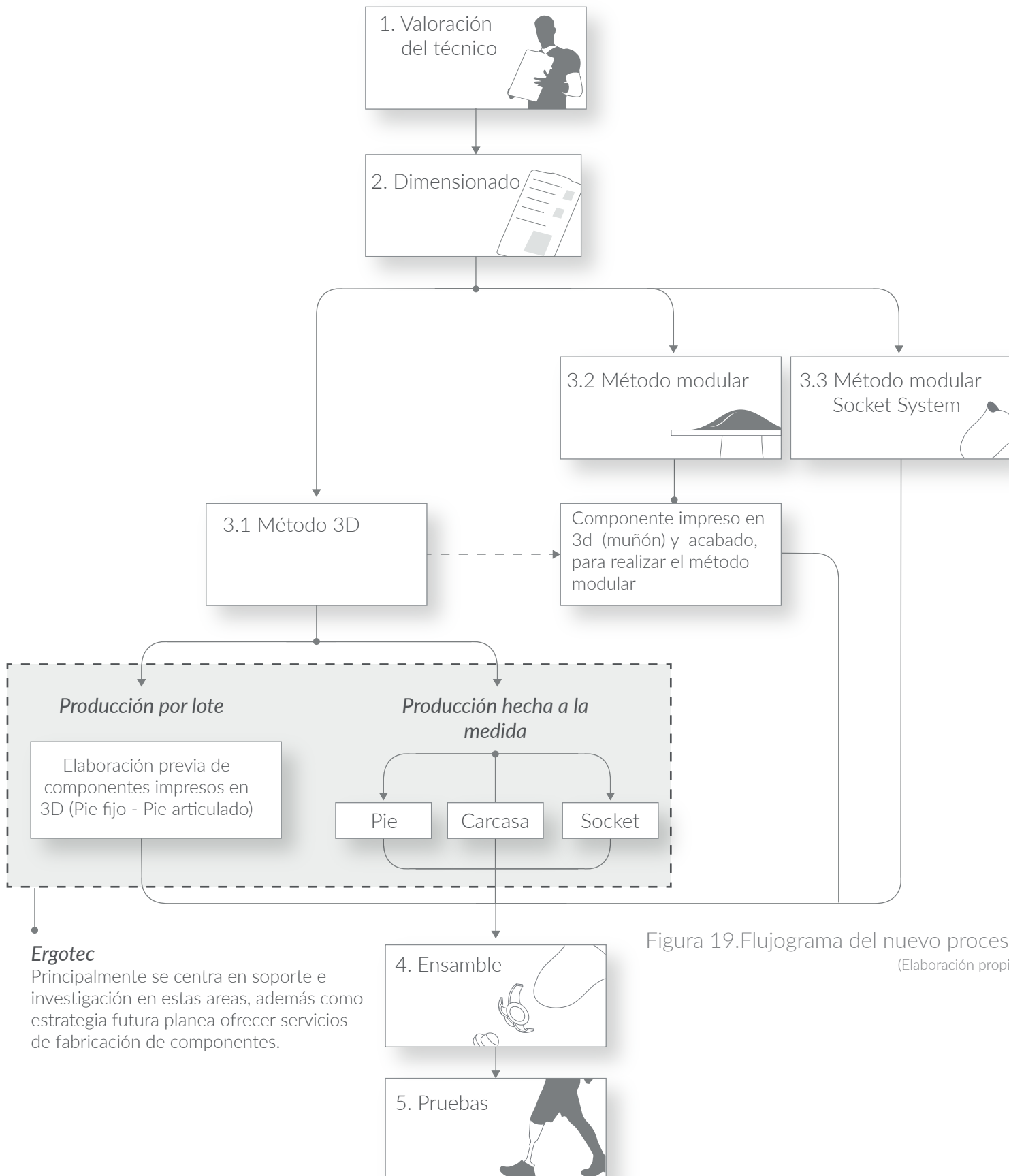


Figura 19. Flujograma del nuevo proceso
(Elaboración propia)

Mapa del nuevo proceso

Proceso de fabricación e implementación de productos

1. Valoración del técnico

El paciente amputado es valorado por los especialistas del taller en donde se:

- Valora el estado del muñón (para determinar el método que se vaya a utilizar).
- Determina el tipo de prótesis que mejor se adapte a sus necesidades.

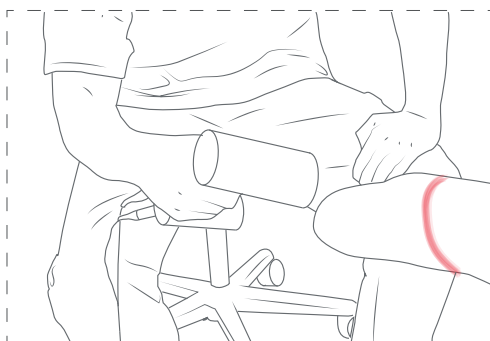


Siguiente página

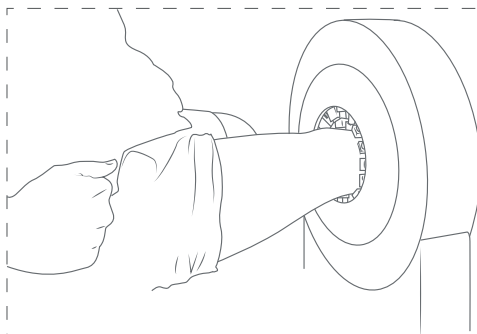
2. Dimensionado

El especialista toma las medidas del paciente, en las **estaciones de trabajo** que le ayudarán a:

- Determinar tamaño del pie y carcasa de la prótesis
- Fabricación de componentes personalizados del usuario
- Zonas sensibles en el área del muñón para el componente del socket



Utilización de escáner 3D, para toma de datos (componentes hechos a la medida) o zona del muñón para el proceso modular



Utilización del escáner de mapeo por presión, para la elaboración de sockets ajustables

Mapa del nuevo proceso

Proceso de fabricación e implementación de productos

3.1 Fabricación a través del método 3D

a- Ajuste de componentes

1- De acuerdo a los datos tomados en el dimensionado, los componentes se ajustan al usuario para que estos estén hechos a la medida



b- Manufactura aditiva

2- Ubicación de los componentes en el software

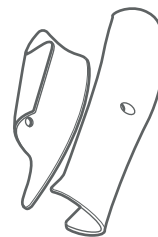


3- Inicio de impresión 3D



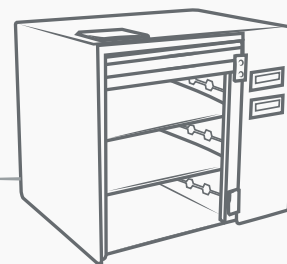
c- Extracción y acabado

4- La pieza es extraída para su acabado, en el que se eliminan excesos y se pulirán posibles imperfecciones



** Tratamiento lumínico

6- Tratamiento en el cual se pueden ver mejoradas las propiedades del material en los componentes impresos en 3D



**Proceso opcional

Mapa del nuevo proceso

Proceso de fabricación e implementación de productos

3.1 Fabricación a través del método modular

a- Ajuste de componentes

1- De acuerdo a los datos tomados en el dimensionado, se realiza el modelo del muñón en un software 3D

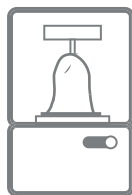


b- Manufactura aditiva

2- Ubicación del muñón en el software



3- Inicio de impresión 3D



c. Extracción y acabado

4- La pieza es extraída para su acabado, en el que se eliminarán excesos y pulirán posibles imperfecciones en la estación de trabajo de moldes

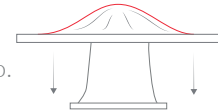


d. Termoformado

5. Una lámina de polímero es colocado en un horno (10°C - 30°C), durante dos horas.



6. El material (en estado maleable) es colocado sobre el molde, procurando evitar burbujas o dobleces al momento de la adherencia del polímero sobre el molde de yeso.



Siguiente pagina

Mapa del nuevo proceso

Proceso de fabricación e implementación de productos

3.2 Fabricación a través del método de Modular Socket System (MSS)

a. Preparación

1. El especialista prepara el muñón.
Dentro de esta etapa:

- Se coloca el **liner** en el muñón
- El miembro es cubierto por capas de maya de fibras de carbono



b. Conformado

2. El especialista coloca los tubos para la inyección de la resina, al tiempo que coloca las protecciones para que la resina no dañe el **liner**

3. Se inyecta la resina

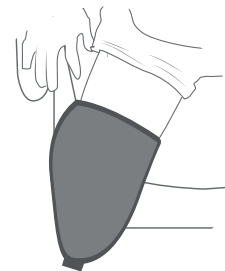
4. El especialista esparce uniforme la resina por el muñón



c. Reposo

5. Al muñón se le coloca una bomba a presión que comprima la resina para que adapte la forma de la pierna.

6. El miembro permanece en reposo durante dos horas



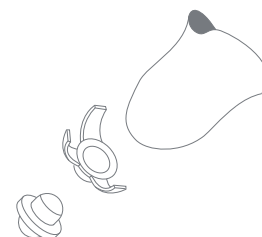
d. Extracción y acabado

7. La pieza es extraída para su acabado, en el que se eliminaran excesos y pulirán posibles imperfecciones



4. Ensamble

Gracias a las especificaciones del especialista se adaptan las distancias y ensamblan los componentes estandarizados del producto



5. Pruebas

El producto es probado mediante ejercicios de marcha con el paciente, determinando posibles fallas o molestias con el usuario.



3.1 Fabricación a través de método 3D

3.2 Método modular

Mapa de ruta tecnológico

Introducción

El mapa de ruta tecnológico es una herramienta utilizada actualmente por empresas, industrias y organizaciones para el desarrollo de estrategias orientadas a la innovación y la tecnología. La misma puede llegar a tomar distintas utilidades dependiendo del área donde se desarrolle, como por ejemplo: en el desarrollo e implementación de políticas de negocio, así como productos y tecnologías; en la identificación y análisis de brechas tecnológicas y la asignación de recursos a proyectos, entre otros.

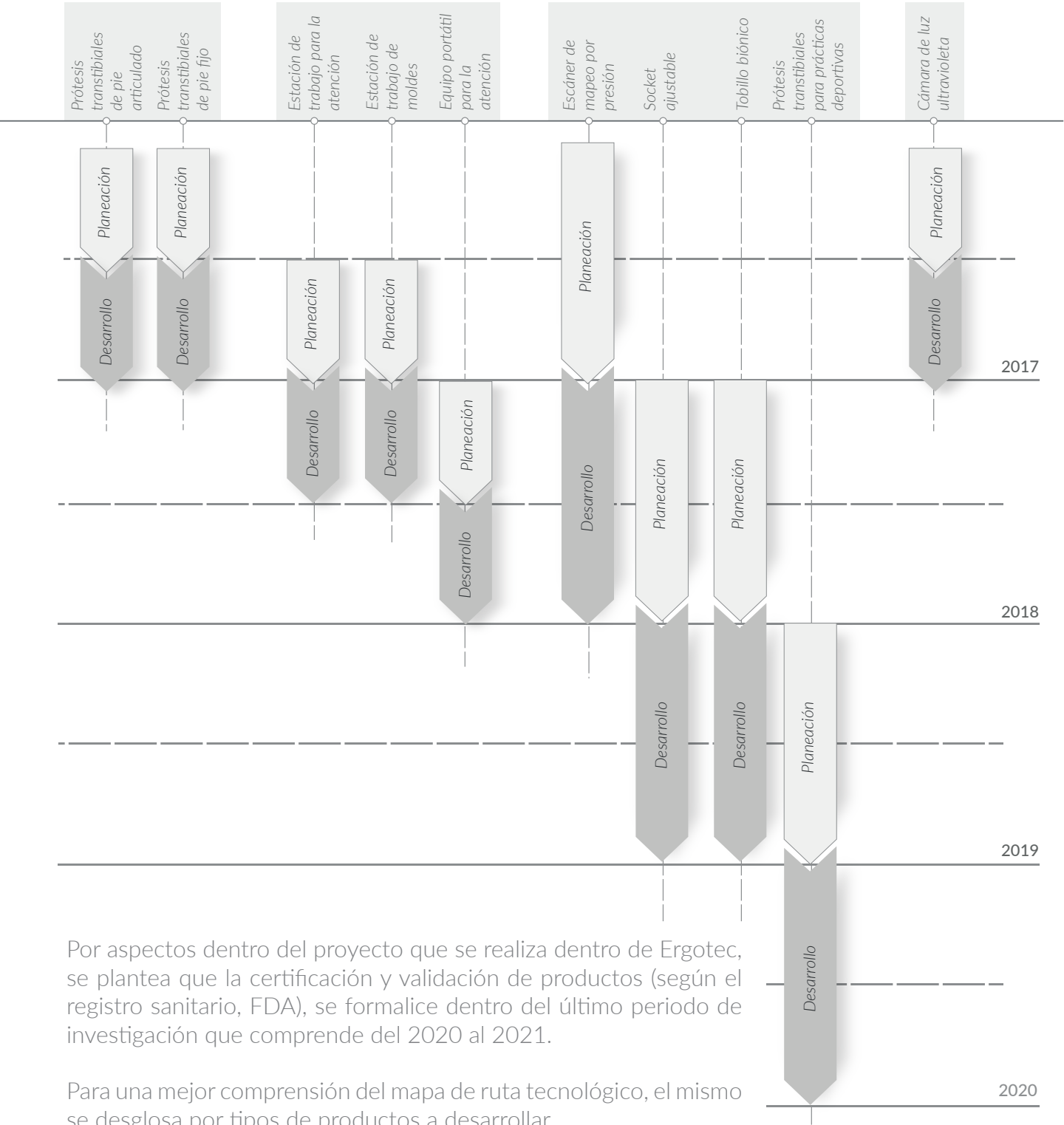
Este se representa de forma gráfica dentro de la cual se rescatan las relaciones que se tienen entre la tecnología, el producto y la competencia a través del tiempo; con el objetivo de mostrar el proceso de desarrollo del producto así como las metas y objetivos para un producto, servicio o proceso industrial determinado.

Para el presente caso se realiza un mapa ruta de tipo tecnológico clave (Moehrle, 2013). Utilizando la estructura generalizada, propuesta por Phaal, Farrukh y Probert. (2013)

Mapa de ruta tecnológico

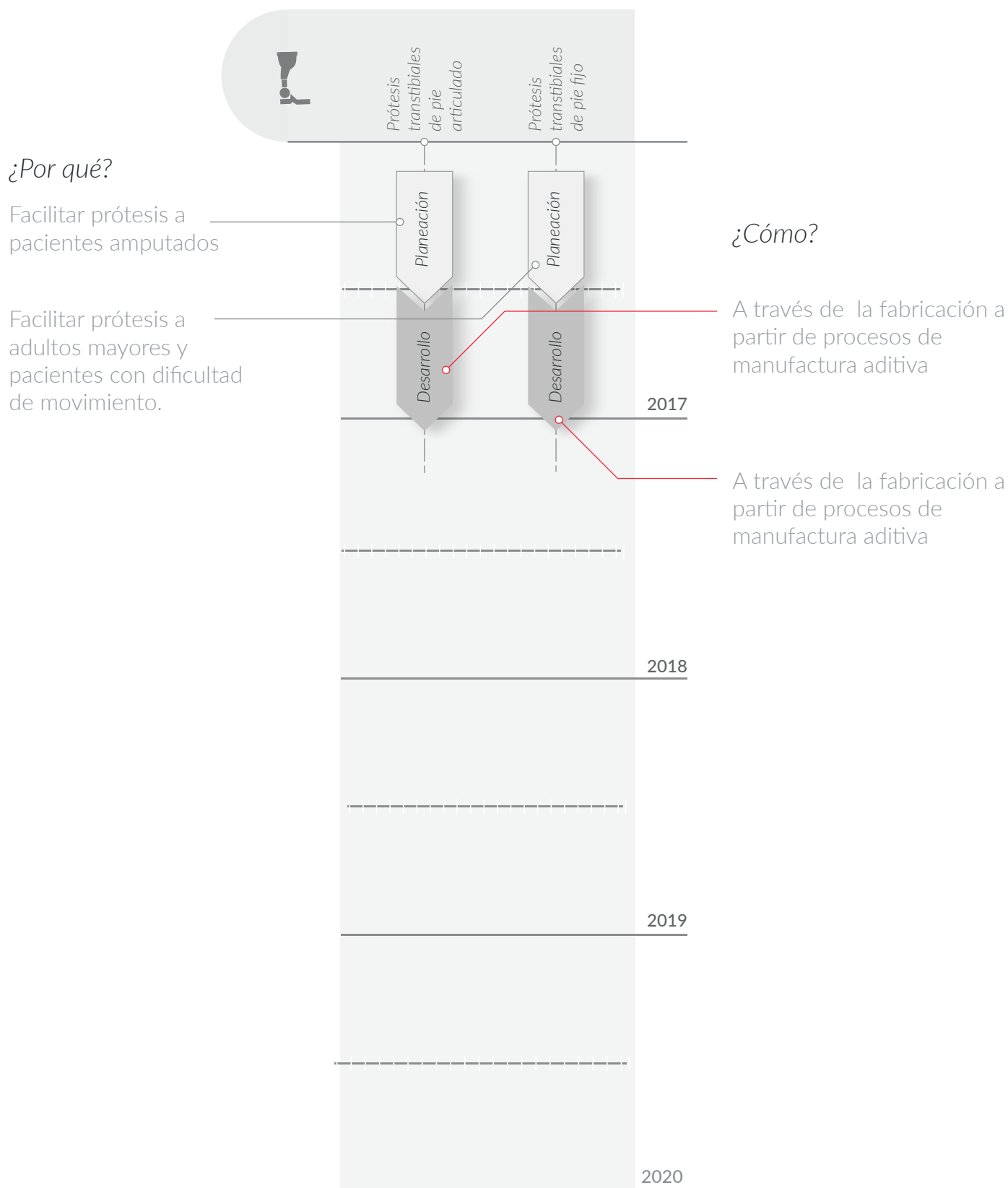
Mapa de ruta para la implementación (completo)

Figura 20.Mapa de ruta tecnológico
(Elaboración propia)



Mapa de ruta tecnológico

Mapa de ruta para la implementación de prótesis



Mapa de ruta tecnológico

Mapa de ruta para la implementación de estaciones de trabajo

¿Por qué?

Facilitar la implementación y servicio durante la elaboración de prótesis

Facilitar la implementación y servicio durante la elaboración de prótesis

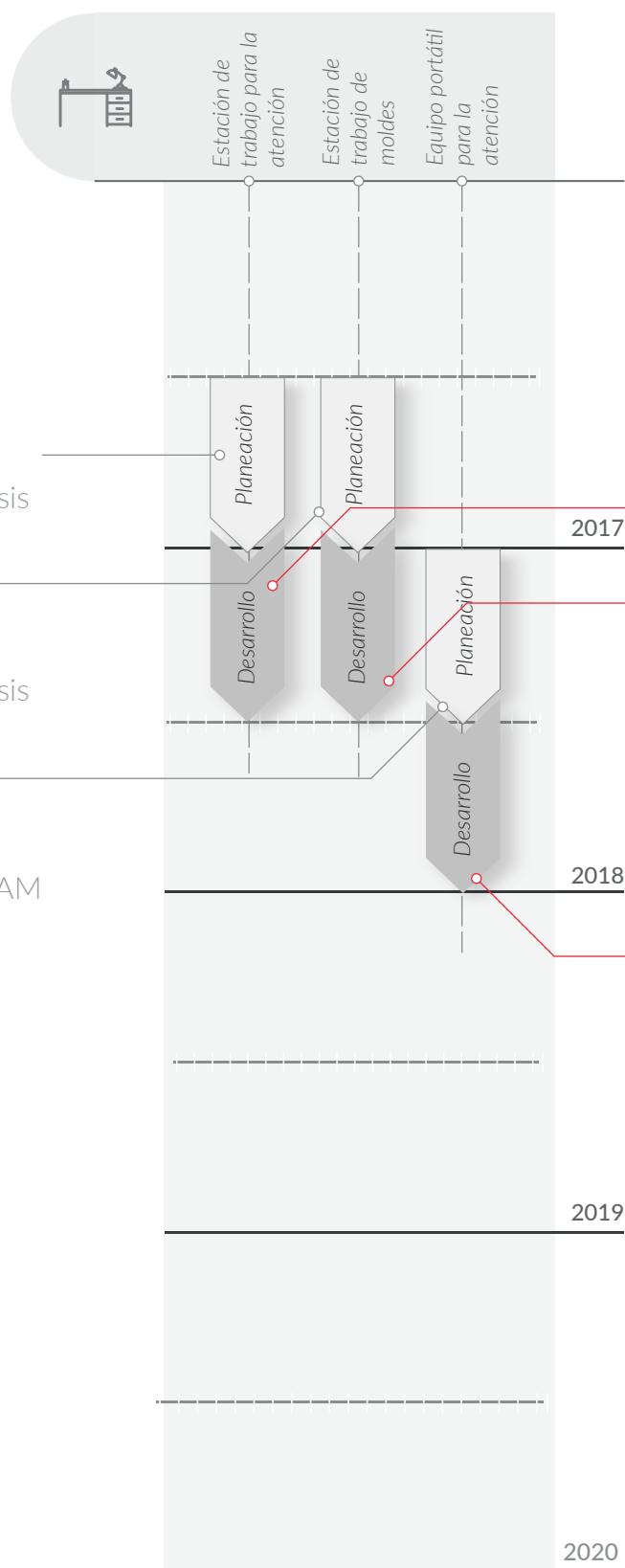
Mejorar el acceso a prótesis a pacientes amputados en zonas rurales y lejanas al GAM

¿Cómo?

Mediante el diseño ergonómico de puestos de trabajo

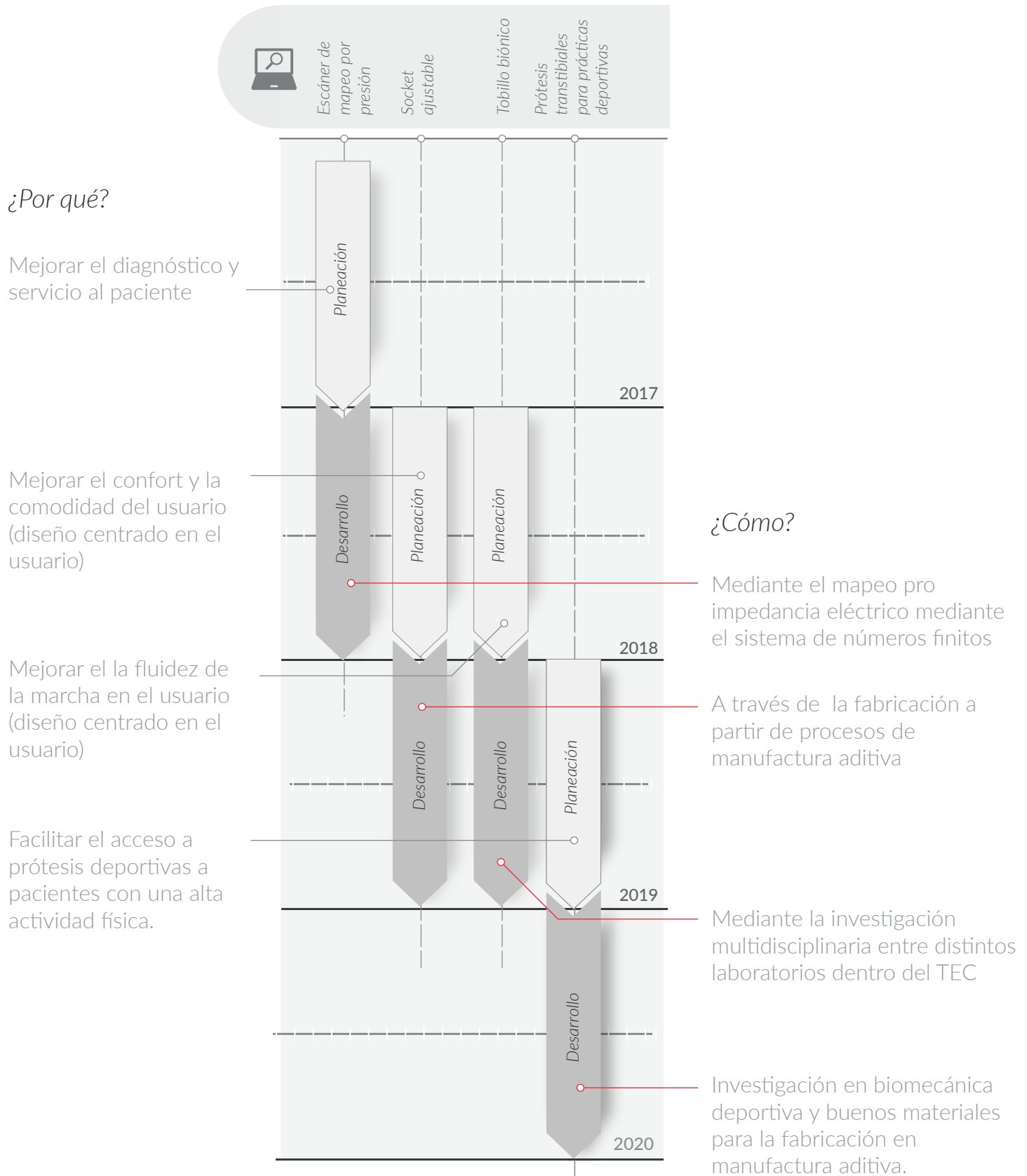
Mediante el diseño ergonómico de puestos de trabajo

A través del transporte de herramientas, materiales y equipo para la fabricación de prótesis



Mapa de ruta tecnológico

Mapa de ruta para la implementación de proyectos de investigación



Mapa de ruta tecnológico

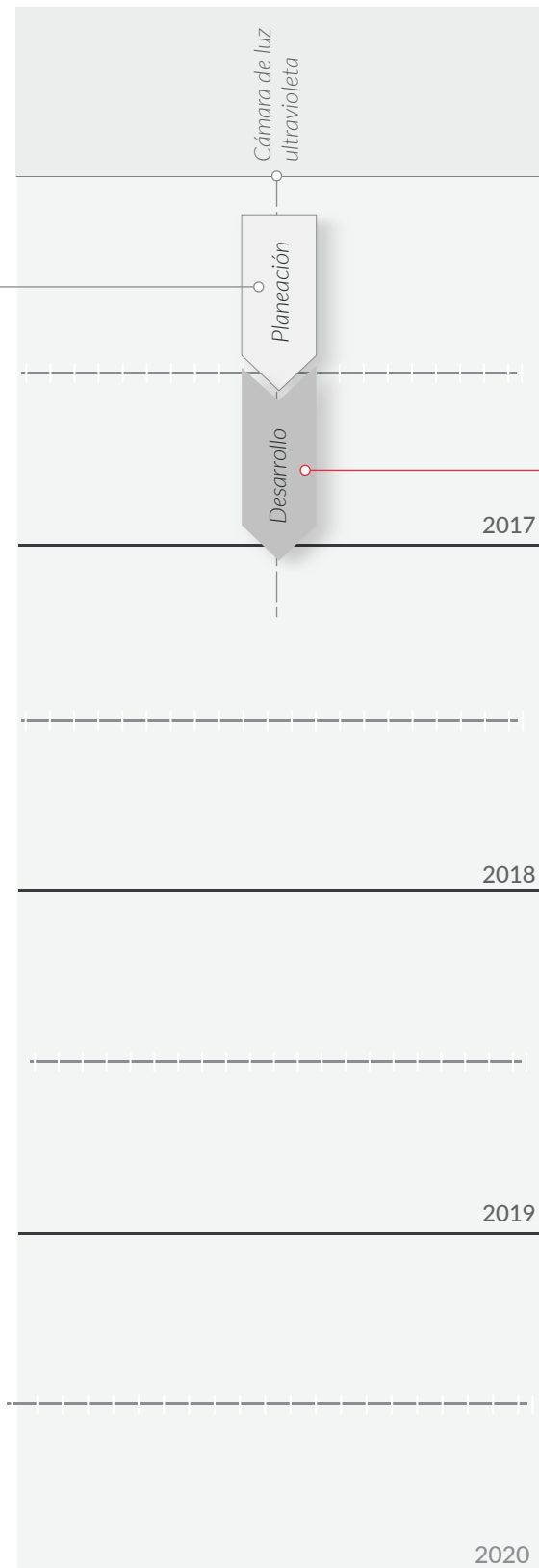
Mapa de ruta para la implementación de la cámara de luz ultravioleta

¿Por qué?

Mejorar la calidad y rendimiento de los componentes impresos en manufactura aditiva.

¿Como?

A partir de tratamientos con rayos ultravioleta



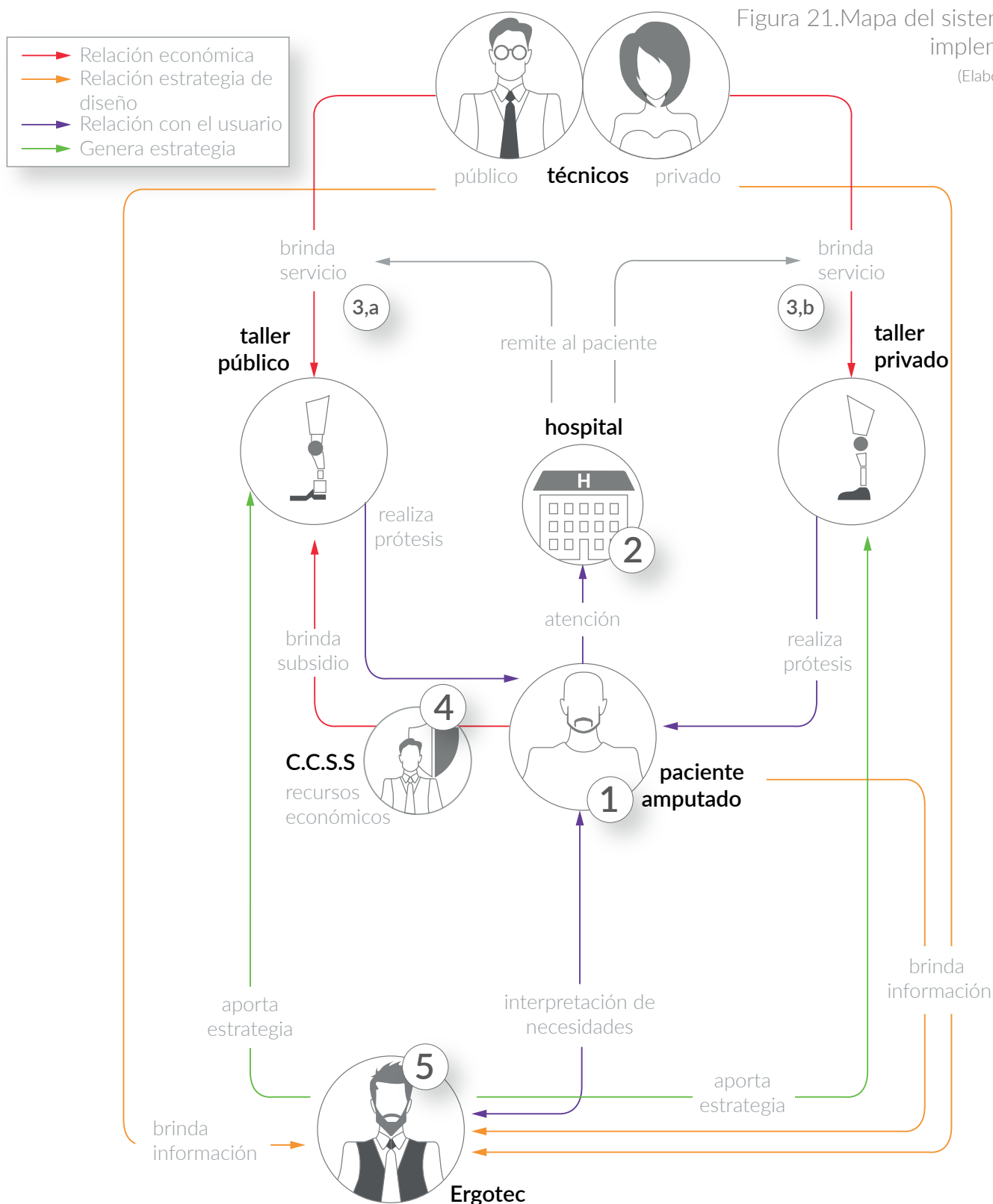
Mapa del sistema organizacional

Introducción

Una vez establecidos los distintos involucrados que se poseen en el plan estratégico, se procede a actualizar el mapa de sistemas para que este contemple la relación que poseen estos personajes con los distintos servicios ofrecidos por el laboratorio de Ergotec.

Mapa del sistema organizacional

Mapa del Sistema para la implementación

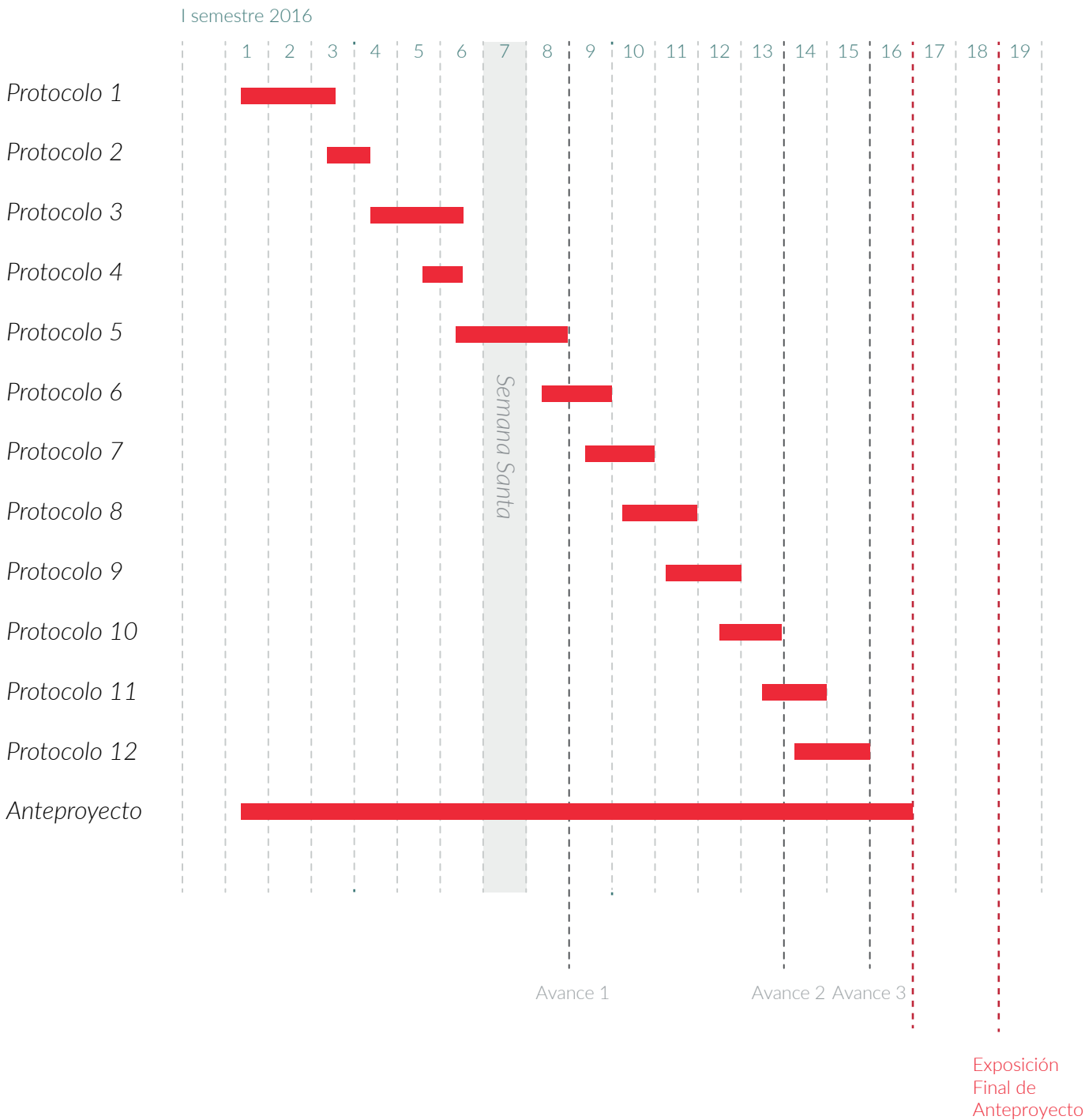


Cronograma

Cronograma de investigación

Figura 21. Cronograma

(Elaboración propia)

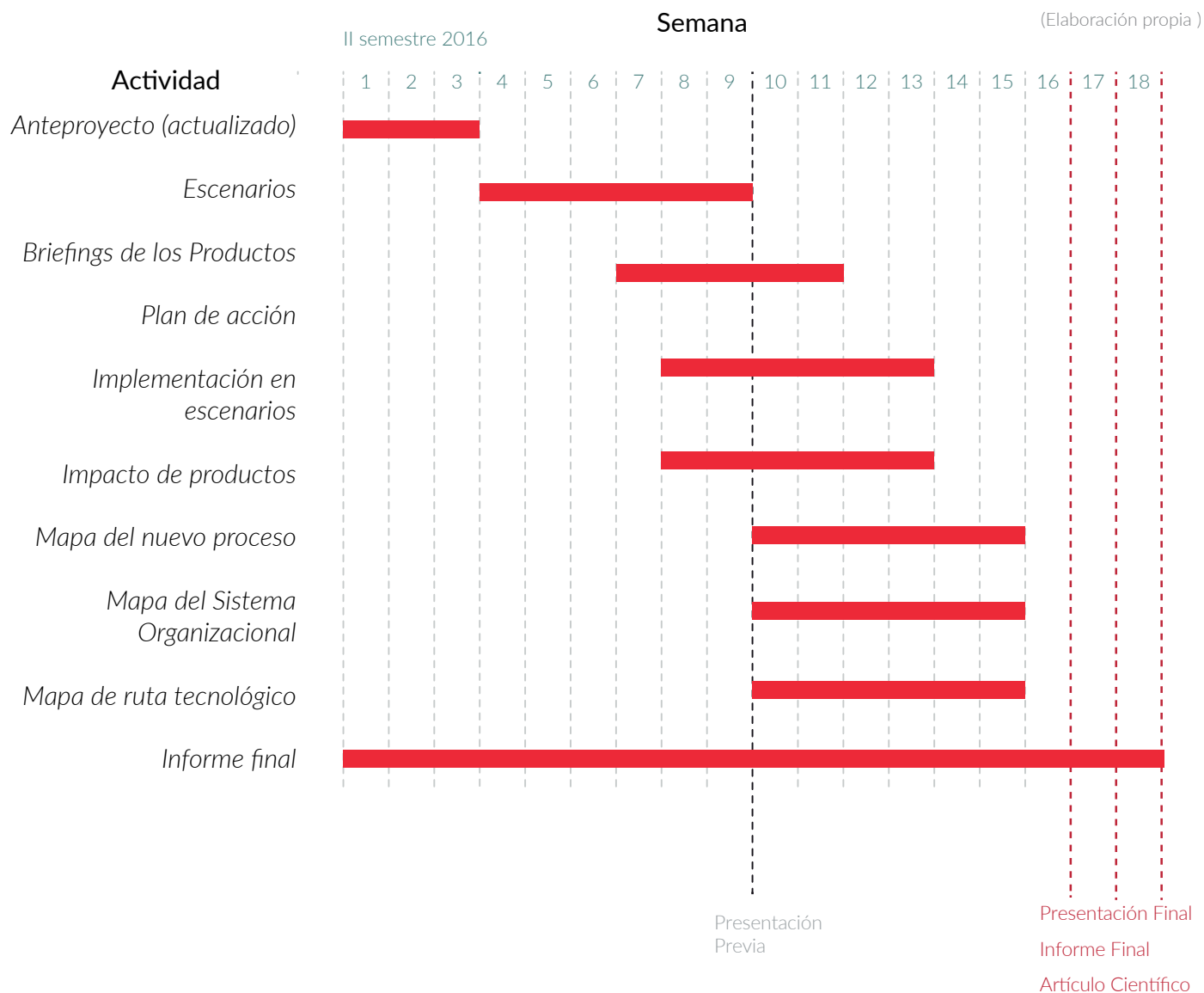


Cronograma

Cronograma de desarrollo

Figura 21.2. Cronograma

(Elaboración propia)



Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones



- Se determina un plan estratégico en el cual, la implementación y la accesibilidad de prótesis, se ve beneficiada al incluir manufacturas aditiva (tecnología 3D), tanto desde el área del producto en sí como lo es la prótesis (componentes impresos en 3d, y procesos de curado), como el proceso de la elaboración y fabricación de ésta ya sea dentro o fuera del GAM (estación de trabajo fija o portátil).



- Se determinan tres líneas de producto, una enfocada en la prótesis, al implementar variedad en tipos (pie fijo, articulado, o deportivo), realizadas con manufactura aditiva (disminuyendo costos o tiempos de espera de componentes), otra línea enfocada en la implementación de las prótesis, centrándose en el mejoramiento de las propiedades del producto (cámara de luz ultravioleta), la atención al cliente mientras se coloca la prótesis y de igual manera al técnico mientras realiza la labor (estación de trabajo o coloca muñones 3d) y facilitando el servicio de prótesis a personas que se les dificulta el acceso a estas (estación portátil de trabajo) y por último una enfocada a proyectos de investigación para la unidad de Ergotec, enfocadas en al mejoramiento de la calidad de vida del sector social.



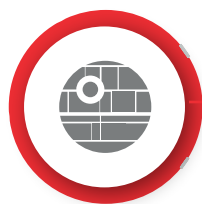
- Se determinan los requerimientos mínimos de diseño para los productos propuestos, no obstante estos pueden verse afectados o modificados en etapas futuras ya sea de diseño, investigaciones futuras o por mejoras tecnológicas en la industria.



- Se propone un mapa de ruta y un mapa de sistemas en el cual, se integran las distintas variables (productos propuestos, entidades involucradas) y la secuencia en las que estas se ven relacionadas, afectadas o modificadas, contemplando aspectos desde el orden de diseño, como el orden en la implementación de estos y sus distintos factores a contemplar (alcances, factores críticos, impactos y resultados)

Conclusiones y Recomendaciones

Recomendaciones



- Capacitación a técnicos para un uso más eficiente y eficaz a la hora tanto de manufacturar como de implementar las prótesis
- Se recomienda aprovechar el espacio disponible para hacer un mejor uso de este, al implementar varias estaciones de trabajo que ayuden a disminuir la espera para la implementación de prótesis
- Se recomienda fabricación por lotes en componentes impresos en 3d, ya que esto ayudaría a disponer de productos fabricados a nivel nacional, disminuyendo los tiempos de espera en componentes exportados.
- Se recomienda la utilización de nuevos sistemas de sujeción entre la parte del muñón y la prótesis, que brindar mayor confort y seguridad en el usuario, como por ejemplo el Sistema *Unity* de la marca *Össur*.



- Investigar nuevos procesos de implementación para sockets ya sea por medios de tecnologías como *C-form* o por medio de manufacturas aditivas (sockets impresos en 3D).
- Ofrecer servicios que ayuden en la elaboración de prótesis con los servicios y equipos disponibles (estudio de movimientos y esfuerzos)
- Se recomienda realizar reuniones presenciales periodicas con los integrantes del equipo del proyecto de prótesis de manufactura aditiva, para mejorar la comunicación entre estos e informar el estado del proyecto en sus distintas áreas.
- Se recomienda el análisis y la investigación en tecnologías y sistemas CAD/CAM, enfocados en el desarrollo de productos para técnicos ortopédicos, como por ejemplo la maquina *Rodin4D* (sistema enfocado en los problemas que se pueden generar en el sector de la ortopedia).
- Se sugiere la búsqueda de proveedores nacionales que facilite la compra de materiales para la impresora 3D (*Mark Two*) dentro del país, que disminuyan el tiempo de envío y facilite el rápido acceso a estos.

- Araya, M.(2015). Plan estratégico de diseño enfocado en mejorar la atención médica de pacientes que presentan algún tipo de amputación en extremidades inferiores. Tesis. Itcr.
- Arráez Álvarez, J. L., & Arráez Álvarez, M. (2014). Aplicaciones de las impresoras 3D en medicina. REDUCA, 6(1).
- Borjas, R., & Flores, W. (2015).Fabricación de una Prótesis Humana utilizando una impresora 3D en Honduras.
- Cascante, S. (2015). la prensa libre. Obtenido de Taller de Ortesis y Prótesis de la Caja se traslada:
<http://www.laprensalibre.cr/Noticias/detalle/17692/211/taller-de-ortesis-y-protesis-de-la-caja-se-traslada>
- Chase, R. & Aquilano, N. (1997). Direccion y Administración de la producción y de las Operaciones. Sexta edición. Mc Graw Hill. México.
- Espada, O. F., & Sánchez, I. N. (2013). Modelos de estudio 3D. Ventajas e inconvenientes. Ortodoncia.
- Ferman, V., de la Cruz, C., & Lemus, A. (2015). Galileo Hand: Diseño de una prótesis biónica subactuada de bajo costo utilizando impresión 3D.
- Gaither N & Frazier, G. (2000). Administración de Producción y Operaciones. Octava edición. Thomson.
- Giraldo, G. G., Arias, L. F. G., & Pineda, V. A. J. (2015). Diseño de una prótesis bioeléctrica de miembro superior de código abierto. Memorias.
- Lipson, H; Kurma, M. (2015). la revolucion de la impreson 3d. madrid: anaya mutimedia.
- Lorea, E. A. P., Uresti, A. S., Barrón, C. E., & de Nuevo León, A. (2014). PROYECTO E-NABLE SOBRE EL DESARROLLO DE PRÓTESIS MECÁNICAS POR IMPRESIÓN 3D.

- Llanos López, M. (2005). Prototipado rápido. La tecnología al servicio de la salud. *Enfermería Global*, (7), 1.
- Luijten, J. 2013. Dirigiéndose a la carga mundial de accidente cerebrovascular en el diseño de un sistema de exoesqueleto robótico de bajo costo para el miembro superior post-rehabilitación del accidente cerebrovascular. Delft University of Technology.
- Moehrle, M. G., Isenmann, R., & Phaal, R. (2013). Basics of technology roadmapping. En M. G. Moehrle, R. Isenmann, R. Phaal, M. G. Moehrle, R. Isenmann, & R. Phaal (Edits.), *Technology roadmapping for strategy and innovation* (págs. 1-10). Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- Orlich, E. O. (2011). Plan estratégico para el diseño y el desarrollo de prótesis.
- Phaal, R., Farrukh, C., & Probert, D. R. (2013). Technology management and roadmapping at the firm level. En M. G. Moehrle, R. Isenman, & R. Phaal, *Technology roadmapping for strategy and innovation* (págs. 13-28). Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- Ramírez, M. I. (2015). CCSS. Obtenido de blog de noticias: <http://www.ccss.sa.cr/noticias/index/32-ccss/2360-ccss-hace-protesis-para-mujer-que-perdio-sus-piernas-en-accidente>
- Sánchez, J; Hoyos, J; Viosca, E; Soler, C; Comín, M; Lafuente, R; Córtes, A; Vera, P. (2006). *Biomecánica de la marcha humana normal y patológica*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.
- Taller Nacional de Ortesis y Prótesis. (2016). situación actual del taller nacional de protesis y ortesis (focus group). (f. t. antony barboza, Entrevistador)
- UNDECA. (16 de marzo de 2015). Taller de protesis CCSS. Costa Rica.

Bibliografía

- Araya, J. (07 de 11 de 2016). Tecnólogo en órtesis y prótesis. (F. T. Antony Barboza, Entrevistador)
- Arráez Álvarez, J. L., & Arráez Álvarez, M. (2014). Aplicaciones de las impresoras 3D en medicina. REDUCA, 6(1).
- Borjas, R., & Flores, W. (2015). Fabricación de una Prótesis Humana utilizando una impresora 3D en Honduras.
- Calvo, M. A. (2015). Plan estratégico de diseño enfocado en mejorar la atención médica de pacientes que presentan algún tipo de amputación en extremidades inferiores.
- Cascante, S. (2015). la prensa libre. Obtenido de Taller de Ortesis y Prótesis de la Caja se traslada:
<http://www.laprensalibre.cr/Noticias/detalle/17692/211/taller-de-ortesis-y-protesis-de-la-caja-se-traslada>
- Chase, R. & Aquilano, N. (1997). Dirección y Administración de la producción y de las Operaciones. Sexta edición. Mc Graw Hill. Mexico.
- Coto, J. (07 de 11 de 2016). (F. T. Antony Barboza, Entrevistador)
- Espada, O. F., & Sánchez, I. N. (2013). Modelos de estudio 3D. Ventajas e inconvenientes. Ortodoncia.
- Ferman, V., de la Cruz, C., & Lemus, A. (2015). Galileo Hand: Diseño de una prótesis biónica subactuada de bajo costo utilizando impresión 3D.
- Ferrer, R. F., Belenguer, A. C. G., Alonso, M. A. G., & Fuentes, J. V. H. (1997). Aplicación de BIOFOOT/IBV al diseño de ortesis plantares©. Revista de biomecánica, (15), 29-33.
- Gaither N & Frazier, G.. (2000). Administración de Producción y Operaciones. Octava edición. Thomson.
- Giraldo, G. G., Arias, L. F. G., & Pineda, V. A. J. (2015). Diseño de una prótesis ioeléctrica de miembro superior de código abierto. Memorias..

- Granados, O. (7 de 11 de 2016). Tecnólogo en órtesis y prótesis. (F. T. Antony Barboza, Entrevistador)
- Hernandez Castellano, P. (2012). Guía práctica de rapid manufacturing. universidad de las palmas de gran canaria
- Jiménez, K. C. (02 de 2016). el financiero. Obtenido de Tico desarrolla la primera prótesis biónica a partir de impresiones 3D en Costa Rica: http://www.elfinancierocr.com/tecnologia/Tico-desarrolla-protesis-bionica_0_895110492.html
- Lipson, H; Kurma, M. (2015). la revolución de la impresión 3d. madrid: anaya multimedia.
- Llanos López, M. (2005). Prototipado rápido. La tecnología al servicio de la salud. Enfermería Global, (7), 1.
- Lorea, E. A. P., Uresti, A. S., Barrón, C. E., & de Nuevo León, A. (2014). PROYECTO E-NABLE SOBRE EL DESARROLLO DE PRÓTESIS MECÁNICAS POR IMPRESIÓN 3D.
- Luijten, J. 2013. Dirigiéndose a la carga mundial de accidente cerebrovascular en el diseño de un sistema de exoesqueleto robótico de bajo costo para el miembro superior post-rehabilitación del accidente cerebrovascular. Delft University of Technology.
- Moehrle, M. G., Isenmann, R., & Phaal, R. (2013). Technology roadmapping for strategy and innovation. Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer.
- Orlich, E. O. (2011). Plan estratégico para el diseño y el desarrollo de prótesis.
- Pérez, C. C. (04 de 2016). el financiero. Obtenido de David Meléndez: Diseñador de un nuevo tipo de 'startup': http://www.elfinancierocr.com/gerencia/40menoresde40-David_Melendez-Avant_BioMedical-2016_0_931106907.html
- Ramírez, M. I. (2015). CCSS. Obtenido de blog de noticias: <http://www.ccss.sa.cr/noticias/index/32-ccss/2360-ccss-hace-protesis-para-mujer-que-perdio-sus-piernas-en-accidente>

Recamier Elvira, A. 2011. Diseño de herramientas para la fabricación de dispositivos de prótesis a pie de Jaipur. Delft University of Technology.

Sánchez, J; Hoyos, J; Viosca, E; Soler, C; Comín, M; Lafuente, R; Córtes, A; Vera, P. (2006). Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.

Taller Nacional de Ortesis y Prótesis. (2016). situación actual del taller nacional de prótesis y ortesis (focus group). (f. t. antony barboza, Entrevistador)

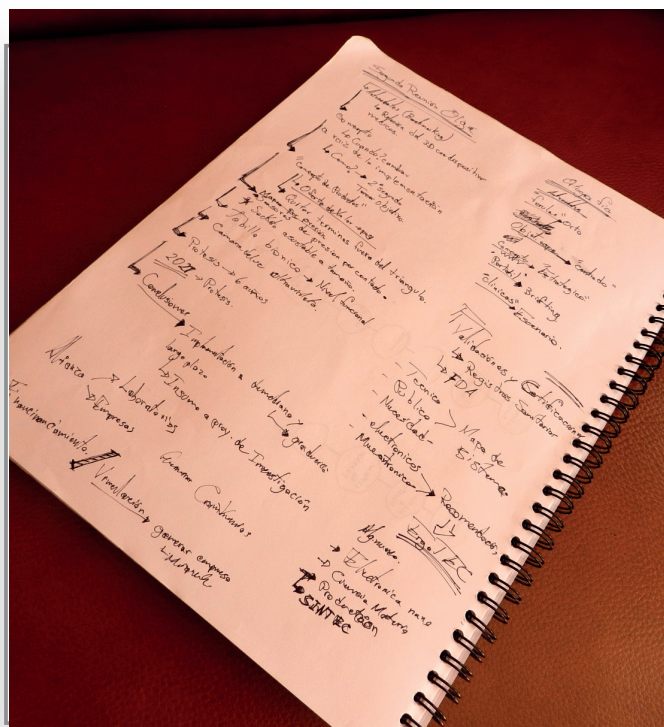
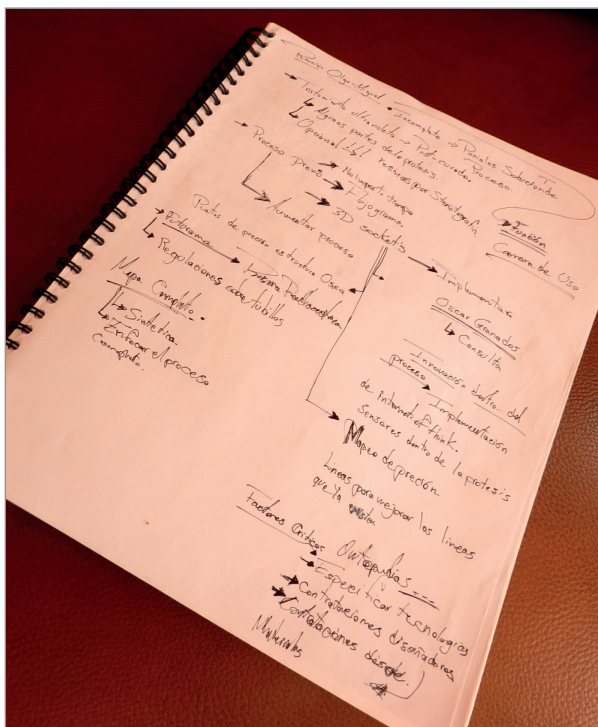
UNDECA. (16 de marzo de 2015). Taller de prótesis CCSS. Costa Rica.

Apéndices

Reuniones Ergotec

Reuniones formales con directora del proyecto DI. Olga Sánchez y el Ing. Miguel Araya

Es importante rescatar que dentro del periodo de este trabajo se han realizado consultas así como entrevista con distintos integrantes del proyecto en Ergotec como el Lic. Carlos Morales y el Ing. Miguel Araya.



Apéndices

Visita al Taller de Órtesis y Prótesis

Visita al Taller Nacional de Órtesis y Prótesis de la CCSS

Se realizó una visita al Taller Nacional de Órtesis y Prótesis donde se observaron los procesos de fabricación de prótesis y los problemas existentes.

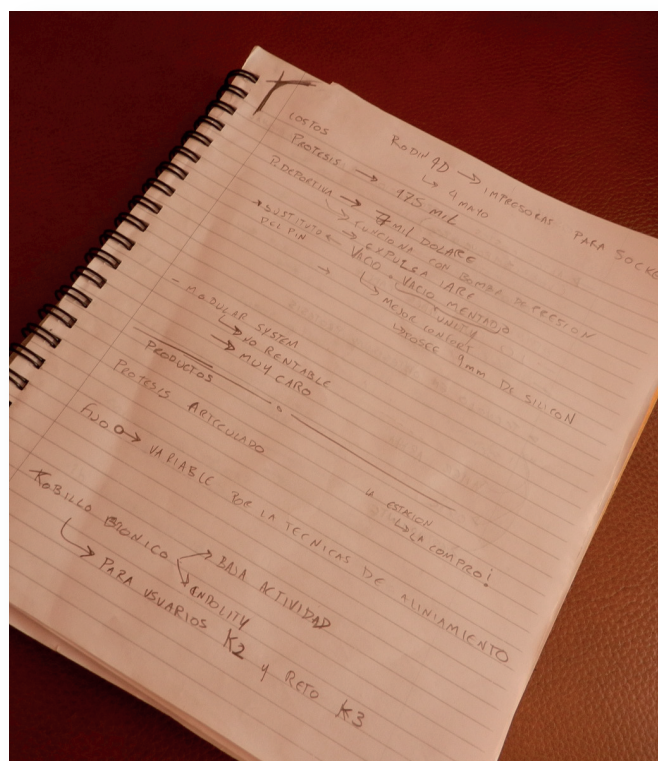
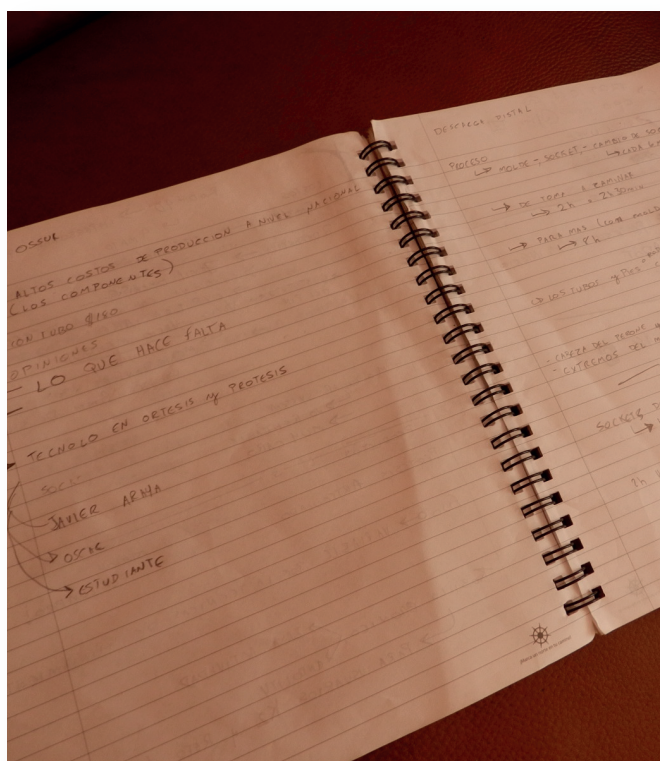


Apéndices

Reuniones con tecnólogos en prótesis

Reunión con tecnólogos en órtesis y prótesis

Reunión formal acerca de validación y observaciones en las distintas líneas de productos con tecnólogos en ortesis y prótesis (Oscar Granados, y Javier Araya), de la Ortopédica Cartaginesa.



Apéndices

Reuniones con usuarios de prótesis

Reunión con usuario de prótesis

Reunión con usuarios con experiencia en el uso de prótesis, para conocer aspectos clave en las necesidades que estos presentan, además de conocer la opinión con respecto a las distintas líneas de producto y los requerimientos que estos tienen definidos.



Jorge Coto, usuario que utiliza prótesis desde hace 12 años (prótesis articulada y prótesis deportiva)